



Universitat de Lleida

# TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA  
POLITÈCNICA SUPERIOR

UNIVERSITAT DE LLEIDA

INSPIRING THE FUTURE

**Estudiant:** Marina Escuer Fernández

**Titulació:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol de Treball Final de Grau:** Caracterització de les mesures d'un sensor d'ultrasons sobre superfícies irregulars

**Director/a:** Josep Illa Alibés

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2019

## Contingut

Contingut.....	1
1 Introducció .....	4
1.1 Objecte del treball.....	4
2 Característiques d'un sensor d'ultrasons .....	4
2.1 Concepte del so .....	4
2.1.1 Què és un sensor ultrasònic? .....	5
2.2 Variables que poden influir en la pressa de mesures .....	6
2.2.1 Temperatura.....	6
2.2.2 Humitat.....	7
2.2.3 Propietats dels objectes .....	7
2.2.4 Soroll extern .....	7
2.3 Tipus de sensors d'ultrasons .....	7
2.3.1 Sensors de proximitat .....	7
2.3.2 Sensor de feix passant.....	8
2.3.3 Sensor de so retro flectiu .....	8
2.4 Comparativa entre el sensor d'ultrasons i altres tipus de sensors .....	9
3 Disseny del banc d'assajos .....	10
3.1 Descripció dels marcs de desplaçament. ....	11
3.1.1 Marc base .....	12
3.1.2 Marc intermedi.....	12
3.1.3 Marc superior i torre .....	12
3.1.4 Unió del sensor amb el suport .....	13
3.1.5 Plataforma d'elevació.....	13
3.2 Proposta de millora del mecanisme de desplaçament .....	14
3.2.1 Estructura del mecanisme de desplaçament .....	14
3.2.1.1 <i>Cos inferior:</i> .....	16
3.2.2 Automatització del mecanisme.....	19
3.3 Elecció del motor.....	19
3.4 Comparativa de Pressupostos .....	21
4 Procediment experimental .....	21
4.1 Ajust de paràmetres del sensor .....	21
4.1.1 Sensibilitat feix de so .....	22
4.1.2 La distància al sensor.....	24
4.1.3 Numero de mesures per lectura .....	25
4.2 Metodologia usada en els assajos.....	26

5	Descripció dels assajos realitzats .....	27
5.1	Assaig 1: Mesures sobre un cos en forma de prisma rectangular .....	28
5.1.1	Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust. ....	28
5.1.2	Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust. ....	30
5.1.3	Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	31
5.1.4	Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	32
5.1.5	Cinquè escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	33
5.1.6	Sisè escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	34
5.2	Assaig 2: Mesures sobre un cos en forma de piràmide de base quadrada.....	35
5.2.1	Assaig 2.1: Conjunt de 4 piràmides de base quadrada. ....	36
5.3	Assaig 3: Mesures sobre un cos cilíndric d'eix vertical .....	41
5.3.1	Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	41
5.3.2	Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	43
5.3.3	Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	44
5.3.4	Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	45
5.4	Assaig 4: Mesures sobre un volum esfèric .....	46
5.4.1	Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	46
5.4.2	Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	48
5.4.3	Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	49
5.4.4	Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	50
5.5	Assaig 6: Mesures sobre un volum aproximadament esfèric .....	52
5.5.1	Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	52
5.5.2	Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	54
5.5.3	Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	55
5.5.4	Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	56
5.6	Assaig 7: Mesures sobre un volum tronco-cònic .....	58
5.6.1	Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	58
5.6.2	Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	60
5.6.3	Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	61
5.6.4	Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	62
5.7	Assaig 8: Mesures en un esglaó .....	64
5.7.1	Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	64
5.7.2	Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	65
5.7.3	Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	67
5.7.4	Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	68
5.8	Assaig 9: Mesures sobre un conjunt d'objectes aproximadament esfèrics.....	70

5.8.1	Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	70
5.8.2	Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust .....	70
5.8.3	Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	70
5.8.4	Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.....	70
6	Conclusions .....	77
7	Bibliografia .....	77



# 1 Introducció

Actualment, al mercat, hi ha una ampla gamma de sensors, que detecten una o diverses variables i n'extreuen informació. Els de temperatura, distància i/o velocitat són alguns dels exemples més utilitzats.

En l'agricultura moderna, concretament en l'àmbit de la conservació de la fruita, no es pot obrir la cambra durant el període de conservació per comprovar l'estat de la fruita degut a què no hi ha gaire oxigen. L'ús de sensors permet controlar l'entorn generat (nivell d'oxigen, temperatura, pressió) per tal de garantir la integritat de la fruita al llarg dels mesos.

Per tal de detectar a temps el deteriorament de la fruita, mitjançant l'assentament ocasionat per pèrdua d'humitat, es planteja l'ús d'un sensor d'ultrasons (US) per la detecció de superfícies irregulars. A diferència d'altres sensors més precisos, com podria ser un sensor làser que dona amb exactitud la distància al punt, el sensor d'ultrasons emet un feix de so d'obertura regulable que mesura una zona (enlloc d'un punt) i a més, està altament condicionat per l'entorn.

Per analitzar la viabilitat d'aquest plantejament, s'ha de fer un estudi del funcionament d'aquests tipus de sensors i el resultat que s'obté amb diferents paràmetres i geometries.

## 1.1 Objecte del treball

En el present treball, es construirà un banc d'assaigs i es realitzaran mapes del senyal mesurat per un sensor d'ultrasons al fer un escombrat 2D a diferents nivells d'un objecte col·locat sobre una superfície plana horitzontal.

S'estudiaran les limitacions del sensor, quines irregularitats presenten dificultats en la lectura i a més, permetrà conèixer com un sensor d'US percep les diferents figures geomètriques.

# 2 Característiques d'un sensor d'ultrasons

## 2.1 Concepte del so

El so és una ona elàstica mecànica que viatja a través de qualsevol medi transferint energia d'una partícula a una altra. Els medis poden ser aire, líquid o sòlid. En l'aire i líquids el so s'estén en forma d'ona longitudinal mentre que en un medi sòlid ho fa en forma transversal i longitudinal.

Les característiques de l'ona són:

- Freqüència: és la quantitat d'oscil·lacions que es produeixen per unitat de temps.
- Període: és el temps transcorregut entre l'emissió de dues ones consecutives.
- Amplitud: és la màxima distància de l'ona respecte la posició d'equilibri
- Longitud d'ona: és la distància recorreguda per l'oscil·lació en un temps determinat.

Els ultrasons són ones sonores amb una freqüència superior a 20.000 Hz, dins de les aplicacions en la indústria trobem 2 tipus:

- Els ultrasons de baixa intensitat poden travessar objectes sense modificar-los. S'utilitza principalment per mesurar distàncies, en ecografies i en acústica submarina.
- Els ultrasons d'alta intensitat modifiquen l'entorn en el qual es propaguen, el seu efecte depèn del medi a través del qual viatgen que pot ser mecànic, tèrmic o químic. Els seus usos són principalment: en la neteja, en casos d'ultrasons de molt alta intensitat, per fer soldadures metàl·liques i modelar figures.

### 2.1.1 Què és un sensor ultrasònic?

Un sensor d'ultrasons (US) de baixa intensitat és un aparell dissenyat per mesurar les distàncies a les que es troben els objectes. Un emissor emet una ona d'alta freqüència (al voltant de 40kHz), quan l'objecte entra en el feix, el so és reflectit de tornada a un sensor receptor, llavors aquest mesura la distància a l'objecte calculant el temps transcorregut entre l'emissió i la recepció.

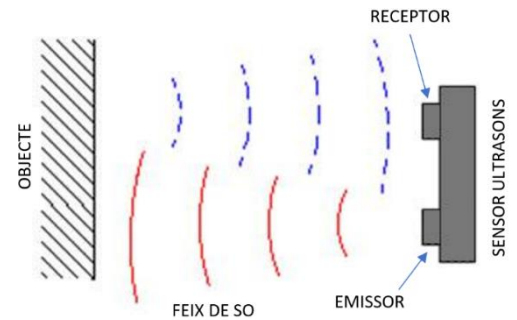


Figura 1 Concepte de funcionament d'un sensor d'ultrasons.

El feix de so emès pel sensor d'ultrasons es caracteritza per tenir un gran angle de treball, està compost per un lòbul central que detecta de manera precisa quelcom que interfereixi en el senyal, a més a més consta de lòbuls menors on també és sensible però amb menys mesura. La corba de funcionament de cada sensor es pot modificar amb uns paràmetres per ajustar-la en funció de la necessitat, per exemple la distància màxima a què pot arribar depèn de la freqüència de l'ona.

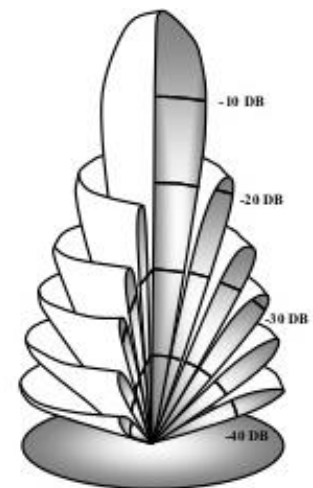


Figura 2 Forma del feix de so (I).

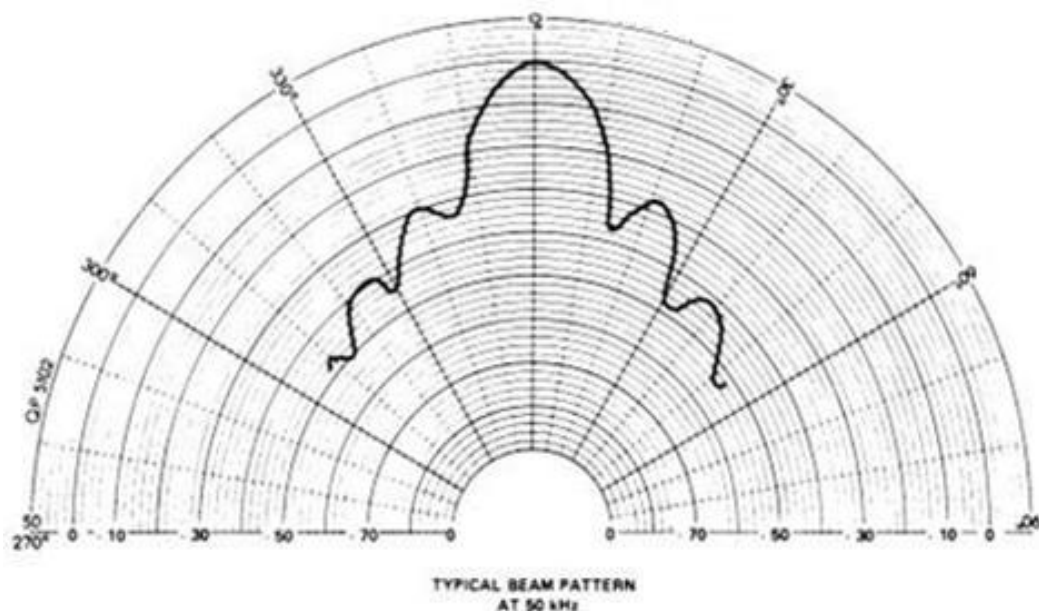
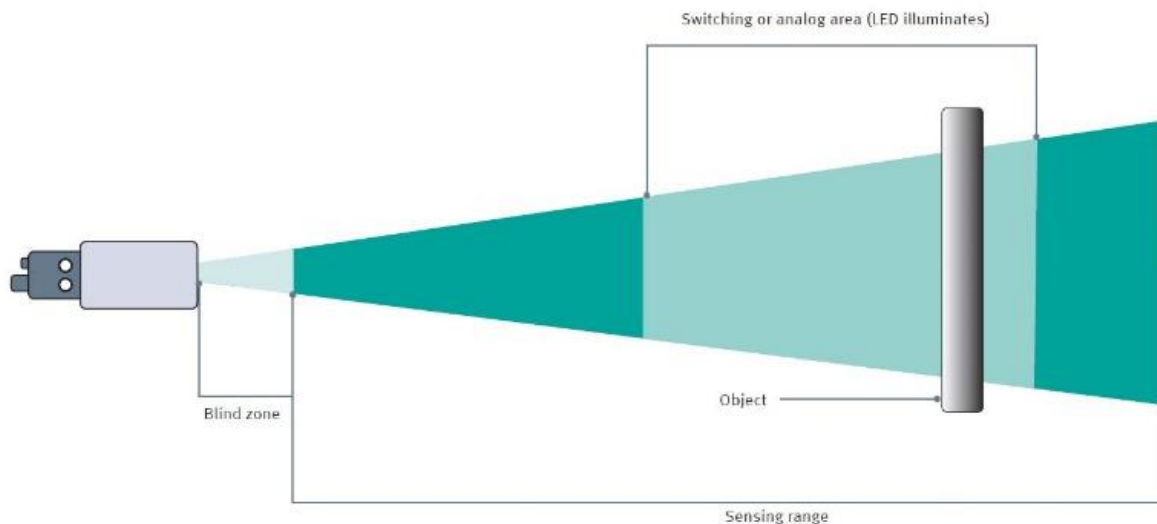


Figura 3 Forma del feix de so en graus (II). Típic patró a 50 Hz. L'ona principal delimita la zona de treball aproximadament en 30°, on el sensor serà més precís. A la principal l'acompanyen lòbuls més petits.

El sensor d'ultrasons té un transductor que, alternament, emet un senyal de sortida i espera a que la ona sigui reflectida per un objecte. Però donat que el transductor continua actiu després d'emetre l'ona, l'eco no pot ser rebut immediatament. Aquest pausa correspon a la zona cega.

La zona cega és la distància mínima que necessita el sensor per tal de començar a detectar objectes correctament. La seva amplada depèn de la freqüència del transductor.

El rang de detecció és la zona on el sensor detecta un objecte. Més enllà del seu límit superior no es genera cap ona de tornada.



*Figura 4 Rang de funcionament d'un US.*

## 2.2 Variables que poden influir en la presa de mesures

### 2.2.1 Temperatura

Un sensor d'ultrasò actua calculant la distància a l'objecte a partir del temps transcorregut,

$$L = \frac{1}{2} \cdot t \cdot C \quad (\text{Eq. 1})$$

On:

L= Distància de l'emissor a l'objecte.

t= Temps transcorregut entre l'emissió del senyal i la recepció.

C= És la velocitat del so.

Atés que la distància a l'objecte depèn de la velocitat del so (Eq.1), la temperatura de l'aire és el factor que més afecta la precisió de les mesures, ja que a mesura que la temperatura ambient varia, la velocitat del so ho fa un 0,17% per grau Kelvin.

Per tal de corregir aquesta mancança els sensors incorporen una sonda de temperatura que mesura la temperatura ambient i corregeix la distorsió.

### 2.2.2 Humitat

A temperatura ambient o a baixes temperatures la humitat quasi no té efectes sobre la velocitat del so però, a altes temperatures, la velocitat del so augmenta a mesura que ho fa la humitat.

### 2.2.3 Propietats dels objectes

Els sensors ultrasònics poden detectar objectes sòlids, líquids o granulars. Propietats tals com la transparència, el color o el tractament superficial no afecten a la qualitat de les mesures, però materials que absorbeixin els senyals ultrasònics, com el feltre, el cotó, teixits rugosos, l'escuma, o materials amb temperatures superiors a 100°C poden ser difícils de detectar, donant lloc a mesures errònies.

### 2.2.4 Soroll extern

És possible que durant la presa de mesures, hi hagi soroll produït per agents externs, de normal aquest eco no genera anomalies en la mesura, però si es dona el cas de què la freqüència del so és igual a l'emesa pel sensor es poden crear interferències en el sensor.

## 2.3 Tipus de sensors d'ultrasons

Actualment al mercat hi ha una àmplia gamma de sensors d'ultrasons, a continuació s'esmenten els més comuns dins de l'àmbit industrial.

### 2.3.1 Sensors de proximitat

Els sensors ultrasònics de proximitat consten d'un únic element tant per l'emissió com per la recepció. L'emissió d'ones es fa a través d'una única membrana en el transductor, que ha de ser bloquejada immediatament després que es generi el tren d'impulsos ultrasònics. Un cop les ones es troben amb l'objecte, aquest les fa retornar cap al transductor. Donat que es requereix un temps per bloquejar la membrana, aquests models de sensors són no sensibles a distàncies curtes.

Dins d'aquesta categoria també podem trobar els sensors de proximitat de dos punts, on el funcionament és el mateix amb la diferència de què consta d'un sistema emissor-receptor separats el qual dóna més versatilitat a les configuracions del sensor

Avantatges:

- Instal·lació simple.
- Supressió del fons.

Inconvenients

- El rang de detecció depèn de les propietats de la superfície i de l'angle de l'objectiu.
- La freqüència de presa de mesures és inferior a la del sensor de feix passant.

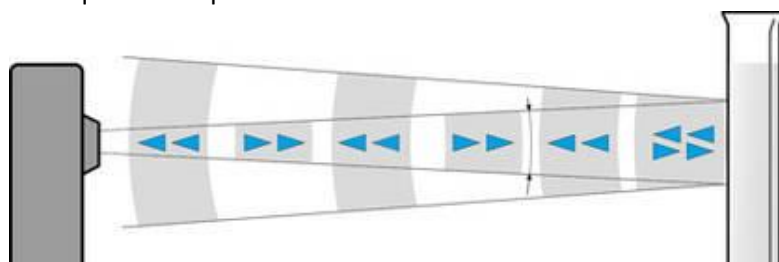


Figura 5 Concepte de funcionament del sensor de proximitat.

### 2.3.2 Sensor de feix passant

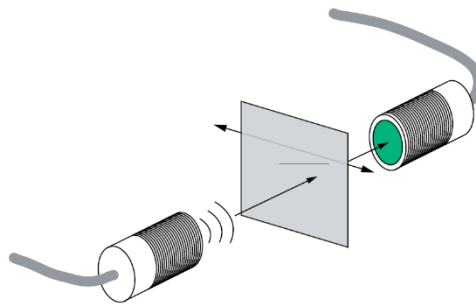
Consta d'un emissor, que emet senyal continu, i separatament un receptor muntats cara a cara. Té un concepte de funcionalitat similar al sensor de proximitat, ja que la distància es mesura a través del temps de propagació del senyal. Aquest sensor es manté inactiu sempre que el temps de propagació del senyal correspongui a la distància entre el sensor i el receptor. Quan un objecte interromp el feix de so, aquest actua com a reflectant, fent variar la distància, posant el sensor en mode actiu.

Avantatges:

- Amplia separació entre emissor i receptor.
- Baixa susceptibilitat a la interferència.
- Temps de resposta ràpids.

Inconvenients

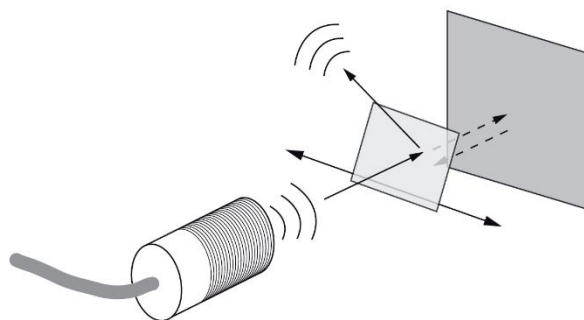
- Dues unitats separades per cable.



*Figura 6 Concepte de funcionament d'un sensor de feix passant.*

### 2.3.3 Sensor de so retro flectiu

També consta d'un sistema emissor receptor però a diferència dels altres models, en els sensors retro flectius el senyal es constantment reflectit per un reflector com podria ser un panel metàl·lic o de plàstic. El sensor rep constantment un senyal d'eco provinent del panel de referencia, quan un objecte interromp el feix la reflexió del senyal ultrasònica canvia fent que el sensor detecti l'objecte.



*Figura 7 Concepte de funcionament d'un sensor de so retro flectiu.*

Avantatges:

- Fàcil detecció, fins i tot per materials que absorbeixen 100% el so.
- Detecció fiable d'objectes sonors reflectants.
- No té zona cega.

## 2.4 Comparativa entre el sensor d'ultrasons i altres tipus de sensors

Taula 1 Comparativa entre els US i els diferents sensors del mercat.

	Sensor Ultrasònic	Sensor d'infrarojos	Làser
<b>Rang</b>	De 0,1 a 6 metres.	De 5 a 550cm.	De 0,05 a 250m
<b>Direccionalitat</b>	Con del feix de so de 30° aprox.	Con de 5° aprox.	Feix pràcticament sense conicitat, 0,5-1° aprox.
<b>Precisió</b>	Elevada precisió amb objectes llisos i suaus en angles rectes respecte el feix de so. Pot presentar lectures menys exactes en superfícies rugoses ja que aquestes reflecteixen energia acústica en varies direccions.	Relativament precís però perd eficàcia a partir dels 12m aproximadament.	Gran precisió de $\pm 1$ a $\pm 2$ mm segons model.
<b>Cost</b>	$\leq 300\text{€}$	$\leq 200\text{€}$	$\approx 1000\text{€}$
<b>Sensibilitat a les interferències</b>	Sensible a la temperatura i a algunes propietats dels materials, a més a més alguns models són sensibles a la pressió de l'aire. També pot donar error en la lectura si hi ha un altre sensor a prop que treballi en la mateixa freqüència.	Sensible a fonts de llum fortes que contenen un alt nivell de radiació infraroja i també al color i al tipus d'obstacles.	No va bé per objectes que reflecteixin el làser tal com finestres, objectes cromats, etc.

### 3 Disseny del banc d'assajos

Per dur a terme els assajos s'ha dissenyat un mecanisme de desplaçament del sensor format per tres marcs de desplaçament. Aquest permet moure la posició del sensor en els tres eixos, per tal de poder escombrar les superfícies dels objectes que es desitgi.

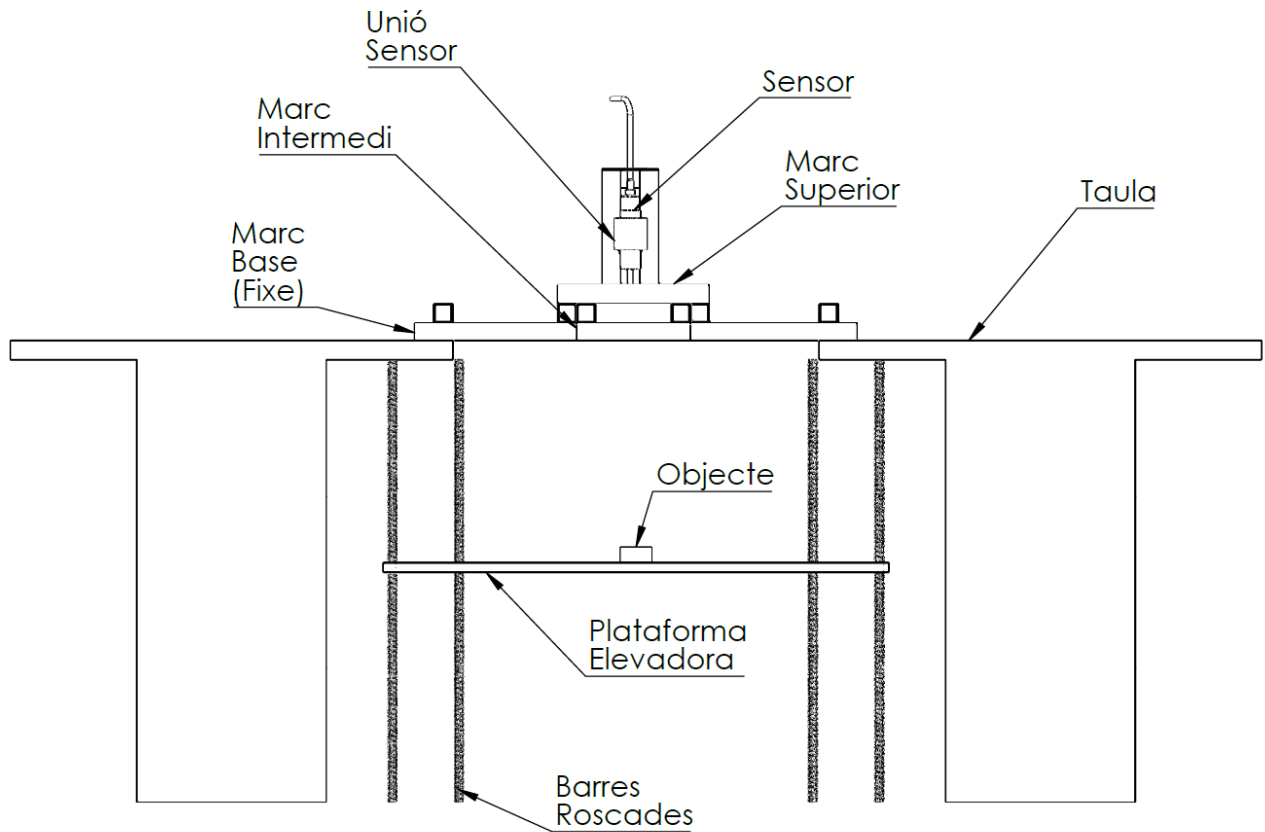


Figura 8 Esquema del banc d'assajos utilitzat per fer les proves.



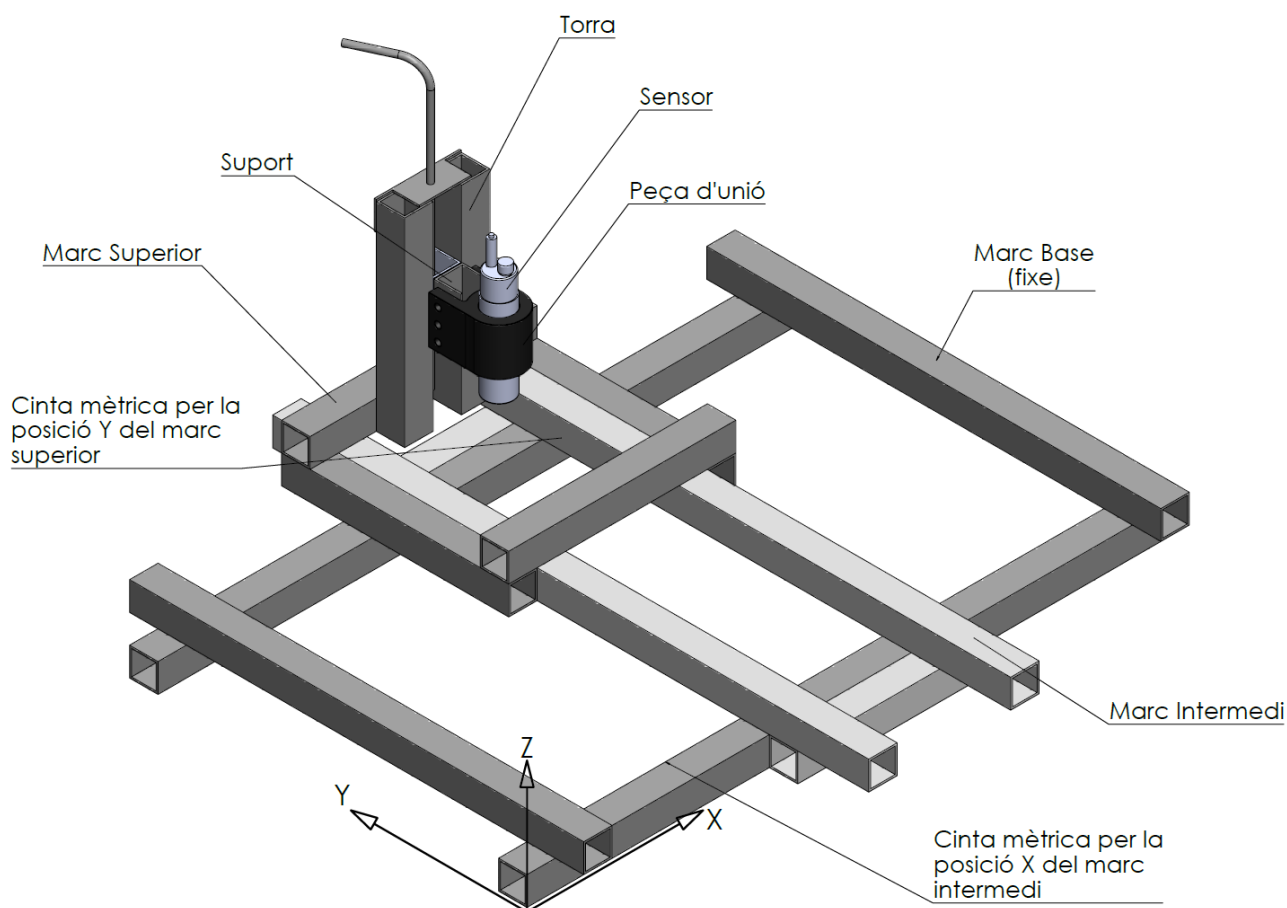
Figura 9 Muntatge real del suport. Elements (dalt a baix): monitor, suport, mostra, plataforma elevadora ai les barres roscaades.



### 3.1 Descripció dels marcs de desplaçament.

Inicialment s'ha partit d'un mecanisme constituït per tres parts o marcs, que permeten desplaçar el sensor en la direcció dels 3 eixos. Cada marc s'ha construït amb tubs de perfil quadrat PTR de 30x30x3mm d'alumini, les unions entre els tubs estan formades per escaires fixats amb cargols.

Els plànols dimensionals estan adjunts a l'annex 1.



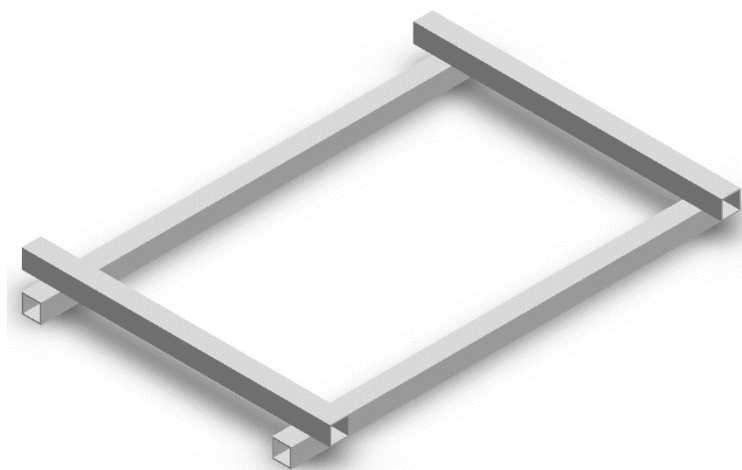
*Figura 10 Conjunt 3D del suport amb les parts que el constitueixen.*

S'adhereix a les barres, una cinta mètrica de costura, que permetrà mesurar el desplaçament (figura 9 i 10).



### 3.1.1 Marc base

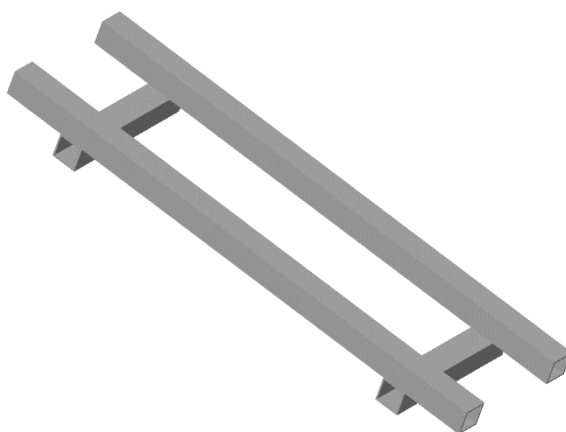
El marc base és la part inferior de l'estructura, fixada a una taula amb un sergant a cada extrem, constitueix el punt de referència i fa de guia al marc intermedi permetent el seu moviment. S'ha considerat com a eix "X" el costat longitudinal i com a eix "Y" el costat transversal. Una cinta mètrica permet mesurar un desplaçament acurat durant els assajos, en la figura 10 s'indica a quines cares van col·locades.



*Figura 11 Representació 3D del marc base.*

### 3.1.2 Marc intermedi

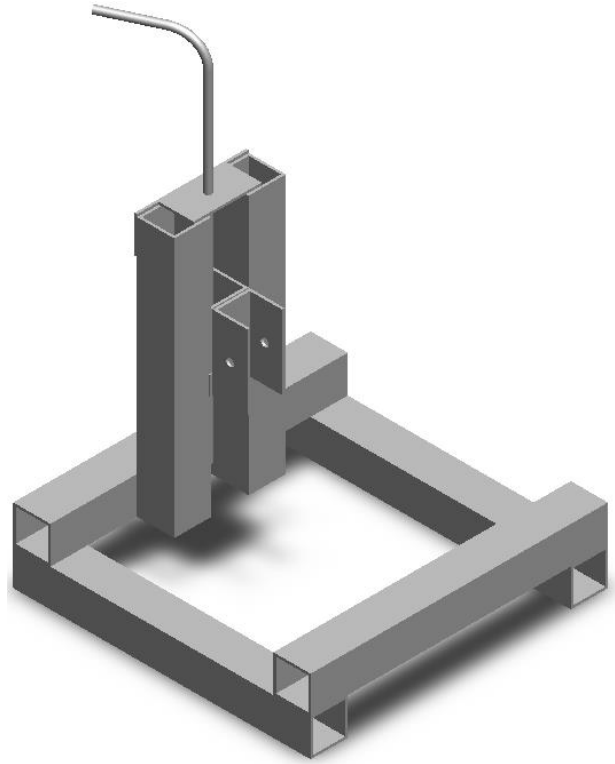
El marc intermedi es mou sobre el marc base en la direcció de l'eix X i l'eix Y. No utilitza cap tipus de subjecció ja que només es recolza sobre el marc base.



*Figura 12 Representació 3D del marc intermedi.*

### 3.1.3 Marc superior i torre

El marc superior permet el desplaçament del suport en la direcció l'eix Y. Recolza sobre el marc intermedi, té adherida una torra vertical per on pot lliscar el suport en la direcció de l'eix Z. El desplaçament es provoca fent girar una barra permet un desplaçament en l'eix Z de 20cm aproximadament.

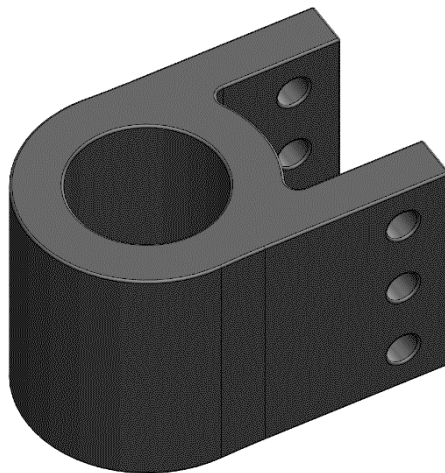


*Figura 13 Representació 3D del marc superior amb torre per on es desplaça el suport en la direcció vertical.*

#### 3.1.4 Unió del sensor amb el suport

S'ha dissenyat una peça per unir el sensor amb el suport (figura 14) sense gens de joc. La subjecció entre la peça unió i el suport es fa mitjançant fricció.

S'ha impres en PLA mitjançant una impressora 3D.



*Figura 14 Representació 3D de la peça unió.*

#### 3.1.5 Plataforma d'elevació

Externament, el suport va unit a una plataforma de fusta unida a quatre barres roscades, una a cada extrem, amb les quals es pot regular l'altura en l'eix Z.

### 3.2 Proposta de millora del mecanisme de desplaçament

Durant els assajos s'han trobat dificultats en el moviment produïdes pel poc lliscament entre els marcs i poca precisió a l'hora de fer mesures mil·limètriques. A més, el procés de presa de mesures és lent, els canvis de posició i l'escriptura dels valors (dels tres eixos per cada punt) s'ha de fer a mà.

Per tal de facilitar el procés, és plantegen els canvis que aportarien una major fluïdesa al prendre mesures.

- Automatitzar el desplaçament dels marcs en els eixos X i Y.
- Enregistrar automàticament les lectures del sensor en funció al desplaçament.

#### 3.2.1 Estructura del mecanisme de desplaçament

L'estructura del nou mecanisme consisteix en quatre barres circulars llises d'acer, unides amb dos guies de plàstic, i amb quatre rodaments lineals de boles (Figura 15). Amb l'ajuda de dos motors elèctrics es pretén moure el sensor en l'eix X i Y.

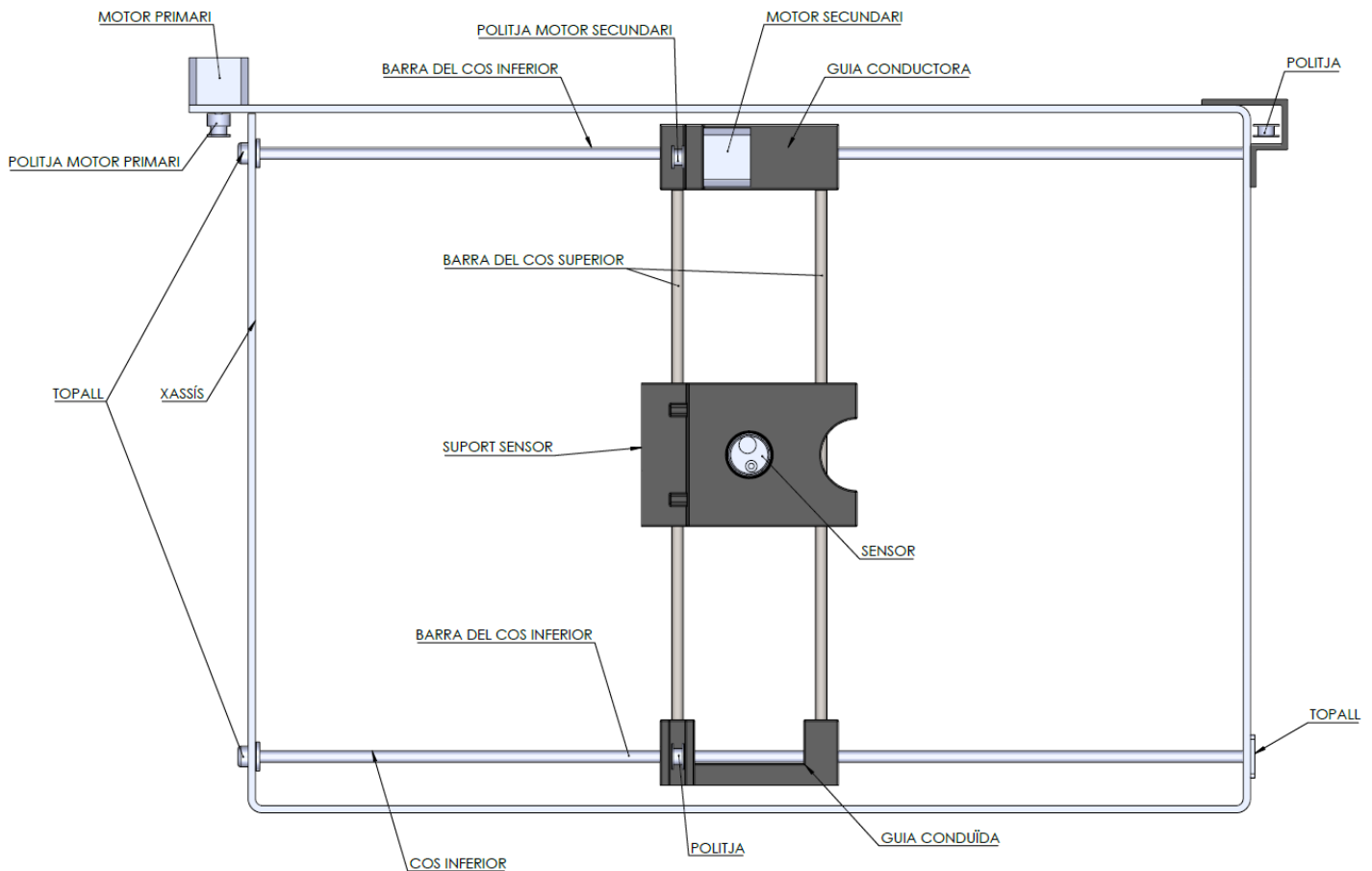


Figura 15 Esquema de la proposta de millora del mecanisme de desplaçament.

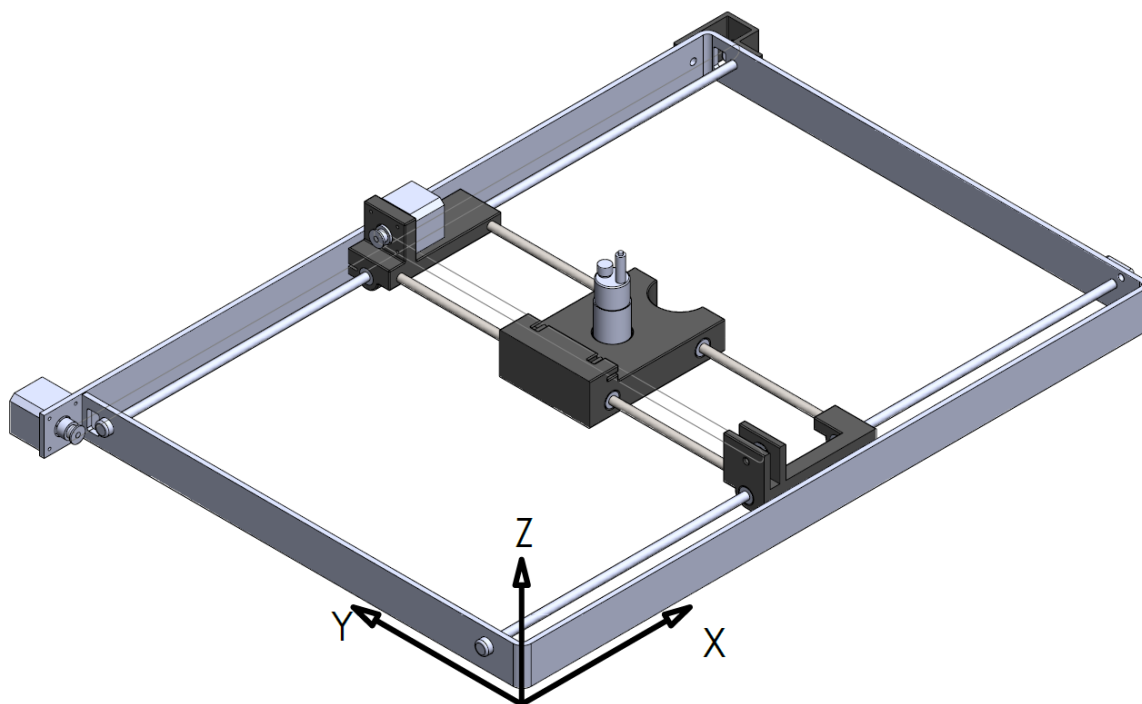


Figura 16 Proposta de millora: vista 3D.

Taula 2 Descripció dels elements que formen la millora del marc de desplaçament.

Elements	Descripció
Barra guia (cos inf./ cos sup.) x4	Barra llisa d'acer $\varnothing 8mm$ , $L = 700mm$
Motor x2	Motor elèctric pas a pas: $0,4Nm$ , $V=3,96v$ , $I=0,9A$ . Diàmetre eix $5mm$
Rodaments	Rodament Lineal de boles. $\varnothing_{int} = 8mm$ , $\varnothing_{ext} = 24mm$ i $15mm$ de llarg
Corretja x2	Material: cautxú, $6mm$ d'ample i $p = 2mm$ Requereix de tensors.
Politja Motor	$z = 20$ , $\varnothing_{int} = 5mm$ , $l = 16mm$ i material: alumini
Politja	$z = 20$ , $\varnothing_{int} = 5mm$ , $l = 8,5mm$ i material: alumini
Guia Conductora	Material: PLA, les dimensions de la peça es troben en el plànol de mateix nom de l'annex 1.
Guia Conduïda	Material: PLA, les dimensions de la peça es troben en el plànol de mateix nom de l'annex 1.
Suport Sensor	Material: PLA, les dimensions de la peça es troben en el plànol de mateix nom de l'annex 1.

### 3.2.1.1 Cos inferior:

Permet el desplaçament en l'eix X mitjançant el motor primari (figura 17) col·locat en un dels extrems. Dos barres d'acer guien el moviment de la guia conduïda i la guia conductora, ambdós components impresos en PLA:

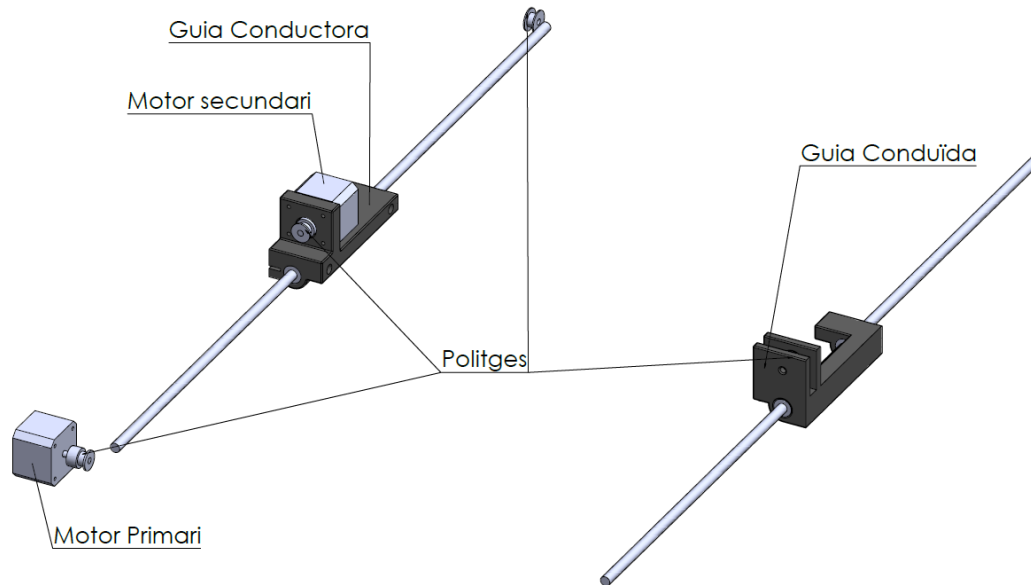


Figura 17 Esquema del Cos inferior.

- Guia conductora: és on s'ubica el motor secundari, té de 2 ranures on es fixarà la corretja dentada per tal de moure el conjunt a mesura que gira el motor. Per facilitar el lliscament en X consta de dos rodaments lineals.

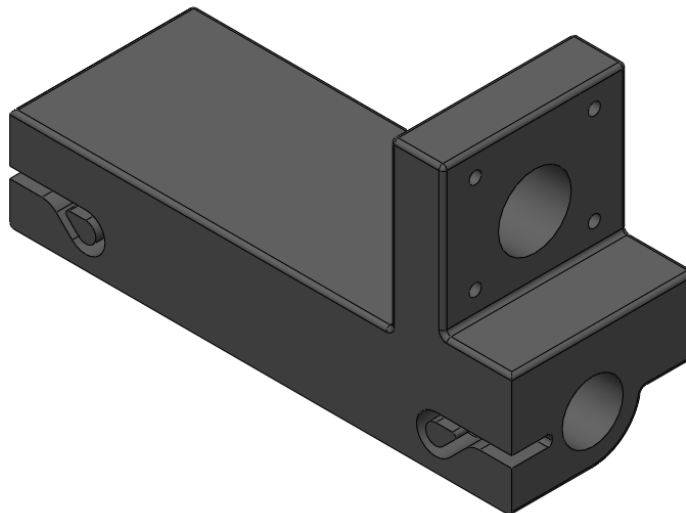
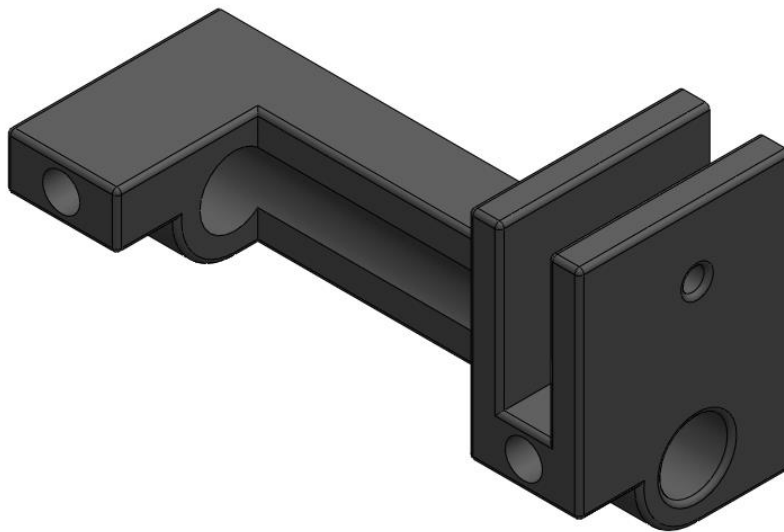


Figura 18 Disseny 3D de la guia conductora.

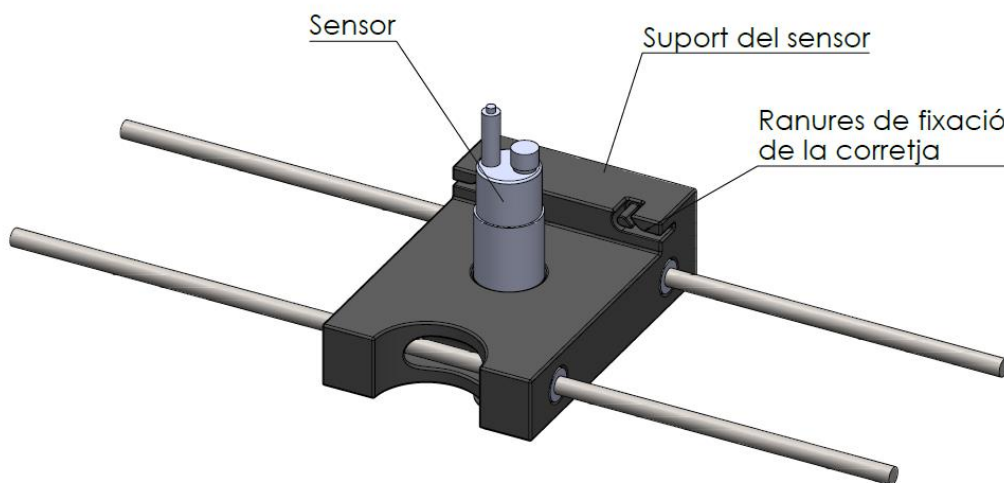
- Guia conduïda: (figura 19) té dos rodaments lineals en la part inferior. Allotja la politja del motor secundari. Es mou de forma síncrona a la guia conductora.



*Figura 19 Disseny 3D de la guia conduïda.*

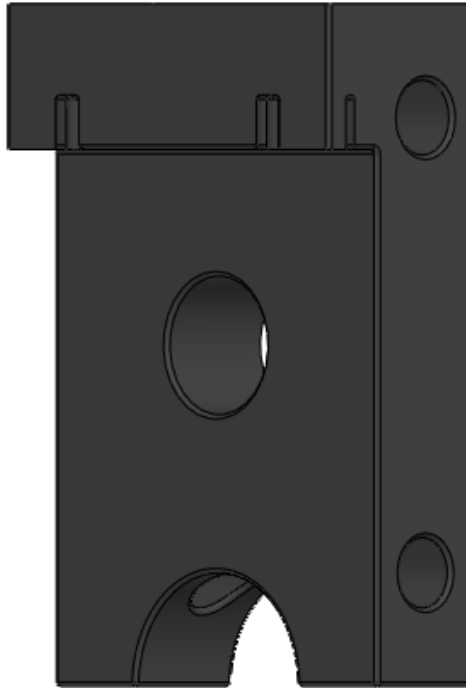
### 3.2.1.2 Cos superior:

Engloba tot el conjunt de subjecció del sensor, permet el desplaçament en l'eix Y mitjançant el motor secundari pas a pas col·locat en la guia conductora (figura 17). Fixa l'estructura del suport unint les barres del cos inferior.



*Figura 20 Cos superior.*

- Suport del sensor (figura 21): Imprès en PLA, garanteix la subjecció del suport centrant-lo respecte el centre de l'estructura i té dos ranures que fixen la corretja dentada del motor secundari, llisca al llarg de les barres d'acer mitjançant 4 rodaments lineals en la part inferior. El suport del sensor manté unificat les barres estructurals evitant el desplaçament.



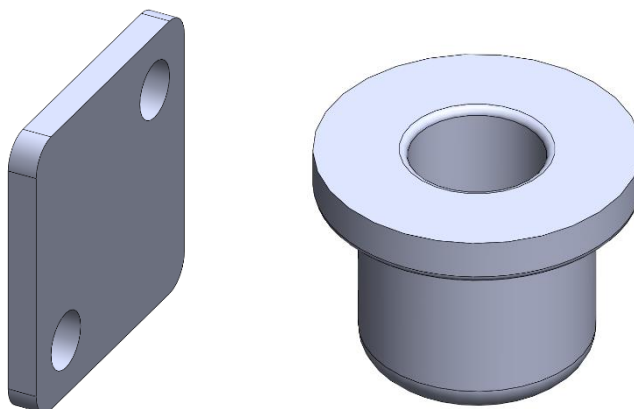
*Figura 21 Suport del sensor.*

### 3.2.1.3 Xassís

Part estructural que manté fixat el conjunt evitant el desplaçament dels seus components, a més subjecta el motor primari i engloba tot el sistema de politja-corretja del eix X.

Per tal de garantir la funcionalitat s'han dissenyat 3 peces complementaries en PLA:

- Topall: hi ha 2 tipus, el primer en forma de dèdal, evita que les barres del cos inferior surtin més enllà del xassís i el segon, és una extrusió de forma quadrada, que va fixada al cos estructural mitjançant dos cargols.



*Figura 22 Topalls de l'estructura. Forma dèdal (dreta) i forma quadrada (esquerra).*

- Suport politja: aquesta peça ubica la politja secundaria del conjunt politja – corretja del motor primari.

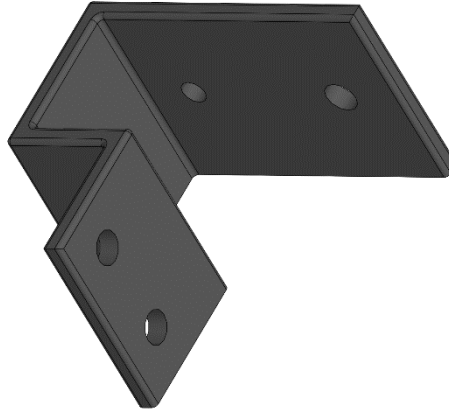


Figura 23 Element de subjecció de la politja secundaria del motor primari.

### 3.2.2 Automatització del mecanisme

Amb l'ajuda de politges i 2 motors pas a pas, es pretén automatitzar el suport incloent en els extrems botons de final de carrera per determinar quan s'ha arribat al final.

Per tal de regular la potencia del motor amb les característiques desitjades seria precis un programa d'Arduino. El desenvolupament d'aquesta part no forma part d'aquest treball.

### 3.3 Elecció del motor

Per dur a terme la automatització del mecanisme de desplaçament, s'ha optat per un motor pas a pas que transmet un par de 0,40Nm. (Veure model en la bibliografia).

Característiques de la corretja (veure model en la bibliografia):

- Longitud 5m
- Amplada: 6mm
- Pas: 2mm
- Material: cautxú
- Marca: Continental
- La resistència de la corretja a la força de tensió ve donada pel fabricant. (figura 23)

2. Seilzugfestigkeit (zulässige Zugkraft des Riemens $F_{zul}$ ), Riemengewicht									
Tension member strength (permitted tensile force of the belt $F_{zul}$ ), Belt weight									
Riemenbreite	Belt width	b	[mm]	4	6	10	16	25	32
Seilzugfestigkeit	Tension member strength	$F_{zul}$	[N]	39	65	107	195	312	403
Riemengewicht	Belt weight	T 2	[kg/m]	0,004	0,007	0,011	0,018	0,028	0,035

Figura 24 Taula de resistència de la corretja segons catàleg.

Característiques de la politja (veure model en la bibliografia):

- Dents: 20
- Forat Eix: 5mm
- Altura: 16mm
- Ample de la ranura: 7,4mm



- Material: alumini



Figura 25 Dimensions politges segons venedor.

Primer es calcula el diàmetre útil de la politja.

$$2\pi r = z \cdot p = 20 \cdot 2 \rightarrow r = 0,0064m$$

On:

$z = \text{numero de dents}$

$p = \text{pas}$

El suport a moure té una massa:

- Guia conductora : 138g
- Guia conduïda: 97g
- Suport del sensor: 460g
- Varilla d'acer: 165g (x2)
- Motor: 280g
- Sensor: 170g
- Rodaments lineals: 72g (x8)

$$m = 138 + 97 + 460 + (165 \cdot 2) + 280 + 170 + (72 \cdot 8) = 2050g \rightarrow 2,050Kg$$

El cas amb condicions més desfavorables per la força de fregament:

- una massa aproximada de 2Kg.
- El coeficient estàndard de fricció en els rodaments lineals és de  $\mu = 0,0015$ .
- Hi ha un total de 4 rodaments lineals.

$$F_{fr} = \frac{\mu \cdot P}{4} = \frac{0,0015 \cdot 2 \cdot 9,8}{4} = 0,00735 N$$

Degut a l'ordre de magnitud de la força de fricció és negligible.

Es suposa una velocitat de moviment de 120mm/s en  $\Delta t = 1s$ . Com que parteix del repòs  $v_0 = 0$ .

$$v = v_0 + a \cdot \Delta t \rightarrow a = 0,12m/s^2$$

$$F = m \cdot a \rightarrow F = 2,05 \cdot 0,12 = 0,246N$$

$$M = F \cdot r = 0,246 \cdot 0,0064 = 0,0015Nm \rightarrow 1,57Nmm$$

El motor pot donar un parell màxim de 0,40Nm, per tant és capaç de moure el suport.

Partint del parell generat pel motor, es calcula la força que aguantaria la corretja en cas de rebre el parell màxim del motor.

$$M = \frac{F}{r} \rightarrow F = 0,4 \cdot 0,0064 = 62,83N$$

El catàleg del fabricant, garanteix que una corretja d'aquestes característiques suporta 65N de força.

$$F = 62,83N < 65N$$

Donada la situació, si es garanteix que la velocitat de moviment del suport no superi els  $v = 30m/s$ , el motor principal serà capaç de moure el suport. Considerant que el motor secundari ha de fer menys força, es col·loca el mateix motor.

### 3.4 Comparativa de Pressupostos

Taula 3 Pressupost suport inicial.

<b>Mecanisme de desplaçament Inicial</b>		
<b>Element</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>
Barra Perfil 30x30 alumini	-	150
Peça PLA Unió	1	1
<b>Total</b>		

Taula 4 Pressupost millora suport.

<b>Millora del Mecanisme de desplaçament</b>		
<b>Element</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>
Barra d'acer	4	34
Rodaments	8	13
Peces PLA	3	20
Corretja	1	13
Motor	2	42
<b>Total</b>		122

A la bibliografia hi figuren les webs dels venedors per cada component.

## 4 Procediment experimental

Es realitza l'experiment amb el sensor UC2000-30GM-IUR2-V15 de la marca "Pepperl + Fuchs".

### 4.1 Ajust de paràmetres del sensor

El sensor té un programa associat, Ultra 3000, que permet regular 3 paràmetres.

- Sensibilitat del feix de so ( $S_b$ )
- Distància al sensor ( $l$ )
- Numero de lectures per mesura ( $n$ )

#### 4.1.1 Sensibilitat feix de so

S'entén per sensibilitat l'amplada del feix de so que es regula amb el programa anteriorment esmentat (figura 26). El sensor té un rang que oscil·la entre els valors 3 i 28, on 3 és la configuració menys sensible on el feix és més ample i 28 és la més precisa on l'angulació del feix és menor. S'han fet proves amb un prisma rectangular de fusta de dimensions 10x10x15cm, per determinar quines són les sensibilitats més restrictives..

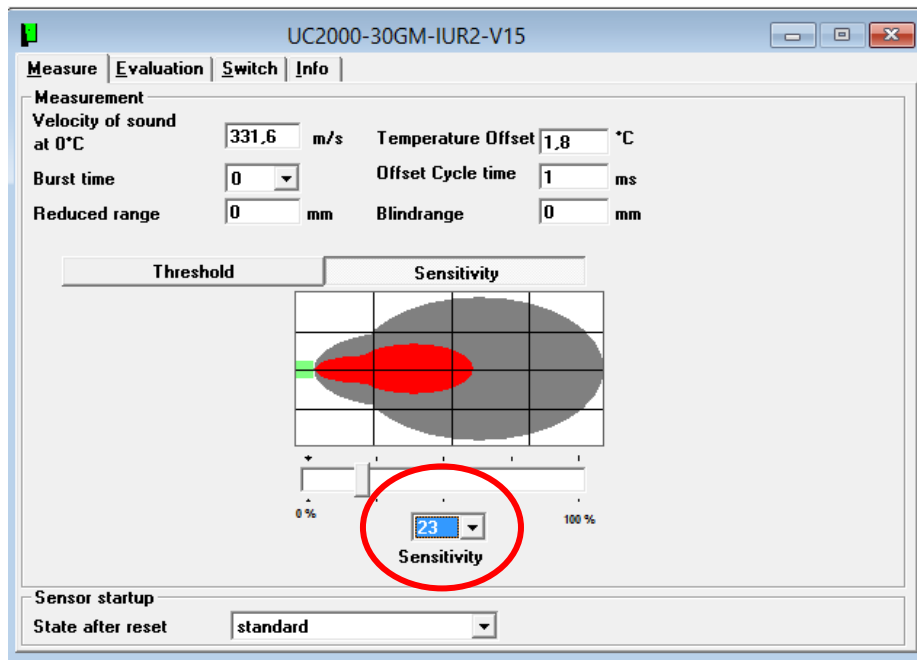


Figura 26 Interfase del programa Ultra 3000 (I). Es ressaltat en roig el desplegable que permet regular l'amplada del feix.

S'han pres com a valors d'estudi la sensibilitat màxima ( $S_b = 28$ ) y la mínima ( $S_b = 3$ ). Amb el sensor calibrat a cadascun d'aquests valors, s'ha fet un escombrat del prisma rectangular.

Els resultats del primer escombrat (figura 27), mostren una forma rectangular imperfecta. Les arestes de l'objecte no queden ben definides.

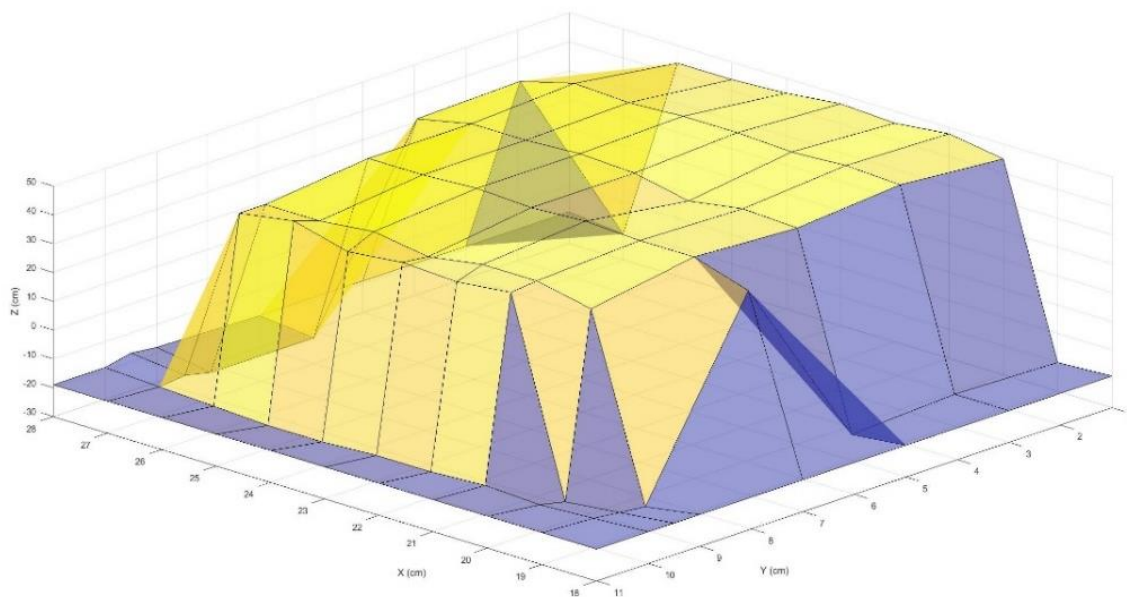


Figura 27 Resultats del estudi previ a un Prisma rectangular en sensibilitat alta ( $S_b = 27$ ).

Per tal de perfilar el límit en la sensibilitat més alta, partint de l'escombrat anterior, és localitza en  $X=24$  una aresta de la mostra. En desconèixer la posició exacta del cantell, s'aproxima la coordenada "Y" entre 9,5 y 9,8 cm.

S'obté el següent resultat:

Taula 5 Delimitació de la sensibilitat màxima.

X (cm)	Y (cm)	Sensibilitat	Distància mesurada pel sensor (mm)
24	9,5	28	4000
		27	227
		26	222
	9,55	28	4000
		27	291
		26	222
	9,6	28	4000
		27	290
		26	223
	9,7	28	4000
		27	290
		26	224
	9,8	28	4000
		27	290
		26	223

A màxima sensibilitat ( $S_b = 28$ ) el sensor dona una lectura inversemblant, es descarta.

Quan  $Y \geq 9,55 \text{ mm}$  la sensibilitat 27 detecta la plataforma d'elevació, que es troba a 290mm del sensor, i la 26 detecta prisma rectangular, en canvi en  $Y = 9,5 \text{ mm}$  ambdues detecten l'objecte, es pot estimar que l'aresta es troba la coordenada  $Y = 9,5 \text{ mm}$ , essent la sensibilitat 27 la més restrictiva.

Per tant es determina que el rang del feix de so del sensor oscil·la entre 3 i 27.

#### 4.1.2 La distància al sensor

La plataforma d'elevació i el cos superior permeten regular la distància a la que es troba l'objecte del sensor.

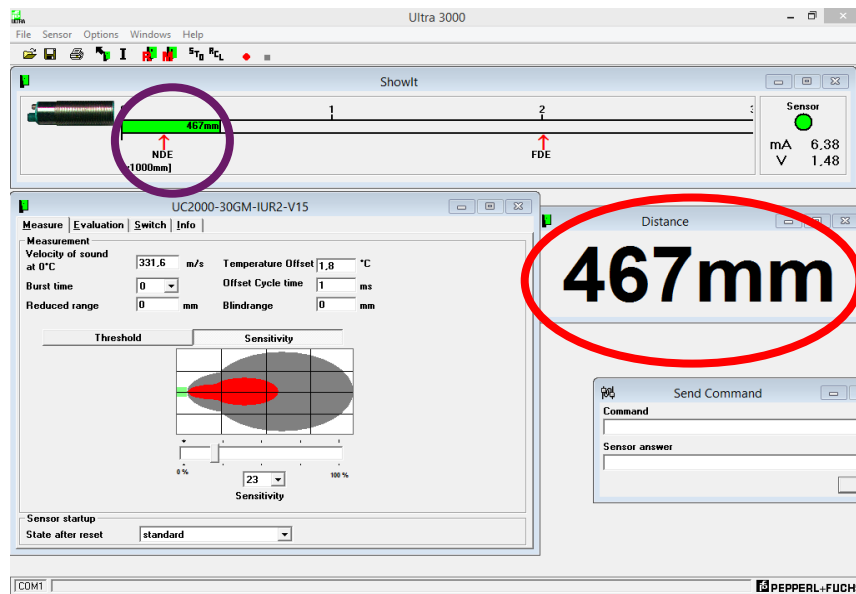


Figura 28 Interfase programa Ultra 3000 (IV). Ressaltat en vermell: lectura del sensor. Ressaltat en lila: distància mínima requerida.

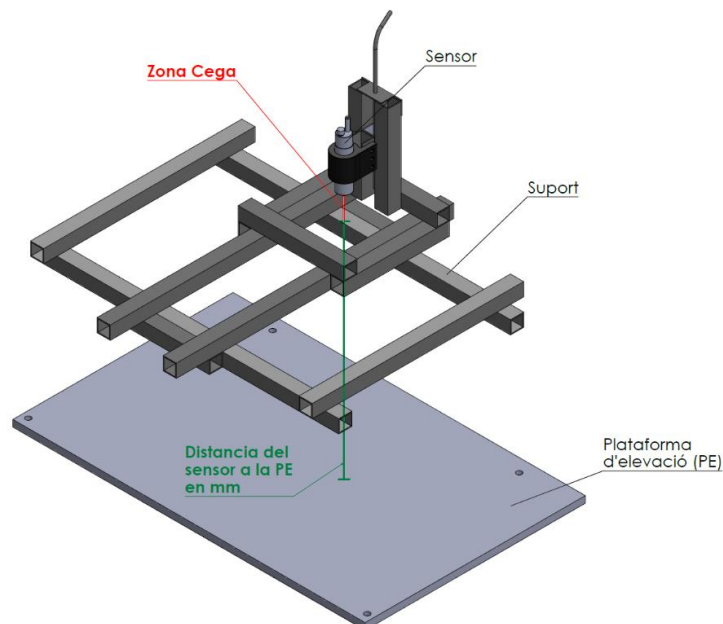


Figura 29 Esquema: (en verd) distància útil del sensor a la plataforma d'elevació l(mm). La distància total que es mostrarà per pantalla és la suma de la zona verda + la roja.

El programa ultra 3000 mostra la distància a la plataforma d'elevació (figura 30). Es obligat sobrepassar la distància mínima requerida, marcada en la barra superior de color verd amb una fletxa roja. (figura 31).

#### 4.1.3 Numero de mesures per lectura

En els ajustos es pot determinar com el sensor pren la mesura, és a dir, amb ajustos de fabrica el sensor pren 5 mesures en un punt i et mostra una mitjana per pantalla (Figura 29), es pot modificar aquest valor i fer que en lloc de 5 valors et prengui una única mesura i no et faci la mitjana (Figura 28) o es pot augmentar el número de mesures que farà, per exemple que prengui en un punt 10 valors.

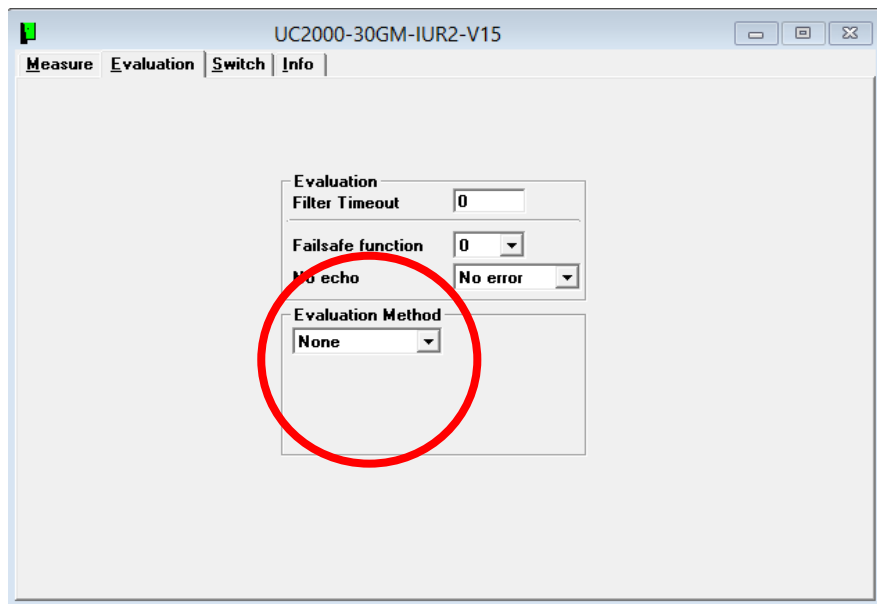


Figura 30 Interfase del programa Ultra 3000 (II).

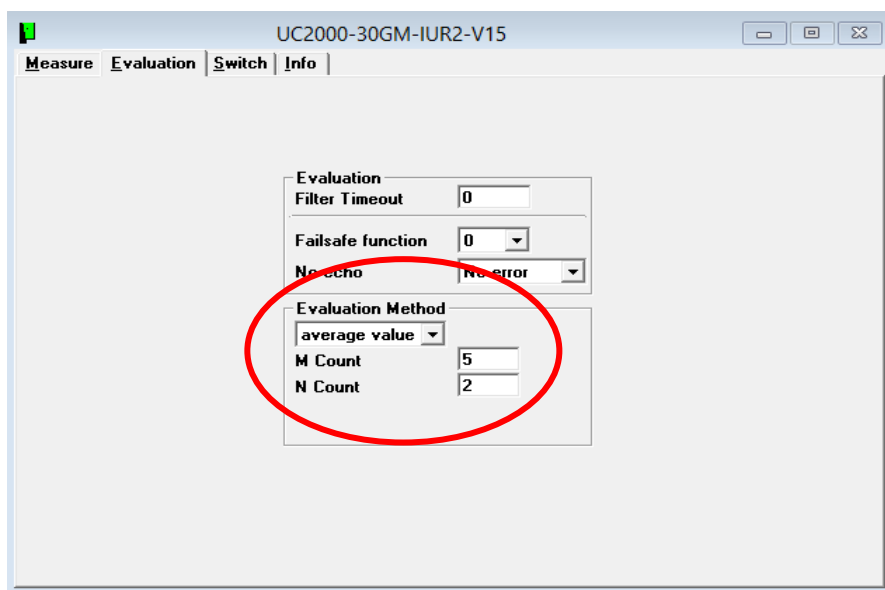


Figura 31 Interfase del programa Ultra 3000 (III). Ressaltat en vermell: "M count" indica el numero de mostres que s'inclouen en la mesura. "N count" determina el numero de mostres que es desestimen. El programa treu una mitjana i suprimeix els "N" valors que més es desvien.

## 4.2 Metodologia usada en els assajos

Els límits els marca el punt on el sensor detecta el marc de desplaçament, això vol dir, que el suport ha arribat al final del moviment útil.

S'ha determinat els límits de la zona útil de funcionament per a cada sensibilitat. El rang de mesura oscil·la segons Taula 5.

*Taula 6 Límits de funcionament del suport. Distància en cm respecte el 0 establert per la cinta de costura per cada eix.*

		X(cm)	Y(cm)
Sensibilitat Alta	Límit Min	3	-11
	Límit Max	37	23
Sensibilitat Baixa	Límit Min	3	-7
	Límit Max	37	17

Es col·loca l'objecte de mostra al centre de la plataforma d'elevació i es reseguieix la forma amb un retolador per la posterior localització de la peça, així és possible col·locar totes les mostres al mateix punt (Figura 31).

Un cop definida la configuració del sensor es procedeix a fer un escombrat de la mostra, fixant un valor en  $Y$ , es fa un escombrat en els valors  $X$  necessaris, en funció a la sensibilitat del sensor, el desplaçament serà de centímetre en centímetre en ambdós



*Figura 32 En la imatge s'observa el perfil de les mostres resseguides amb retolador.*

eixos per la sensibilitat més baixa i en intervals de 0,5 cm en els dos eixos per la sensibilitat més alta.

Donat que el programa ULTRA 3000 no enregistra de manera coordinada amb el moviment els resultats, aquests són anotats manualment en un full d'Excel.

Un cop finalitzat l'escombrat en  $X$  es modifica el valor  $Y$  i es torna a fer un escombrat en  $X$ , aquest procediment es repetirà fins acabar tota la mostra.

S'han passat les dades d'Excel a Matlab per l'obtenció de les diferents gràfiques. El programa utilitzat es recull en l'Annex 2.

## 5 Descripció dels assajos realitzats

Amb la idea de determinar com el sensor d'ultrasons detecta els objectes que interfereixen en el seu feix, es planteja l'estudi de diversos objectes:

- Objecte en forma de prisma rectangular
- Objecte en forma de Piràmide de base quadrada
- Objecte en forma esfèrica
- Objecte en forma cilíndrica d'eix vertical
- Objecte simulant un esglaó
- Conjunt d'objectes aproximadament esfèrics.

Cada objecte presenta les seves particularitats geomètriques, per poder-los comparar es determinen els paràmetres de cada escombrat i quants escombrats hi haurà.

Al conjunt de condicions se l'anomena escenari. Es realitzaran 8 escenaris diferents per objecte. El grup d'escenaris és el mateix per cada mostra.

Els escenaris es dividiran de la següent manera:

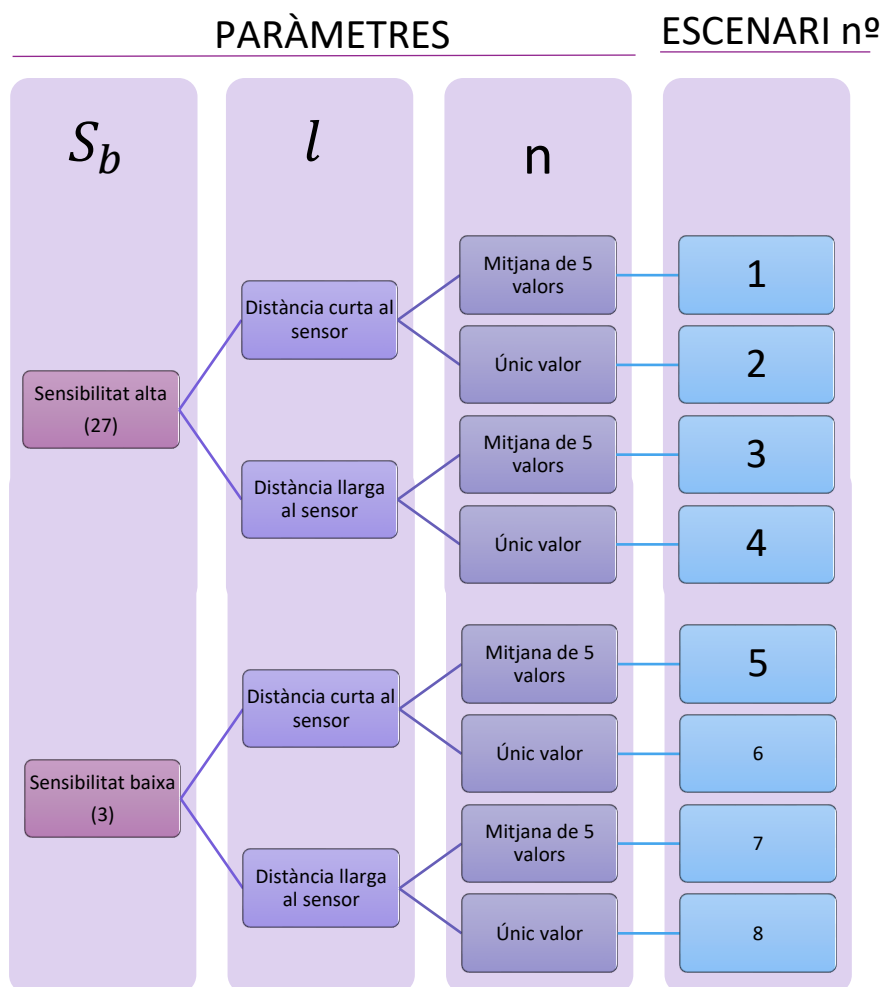
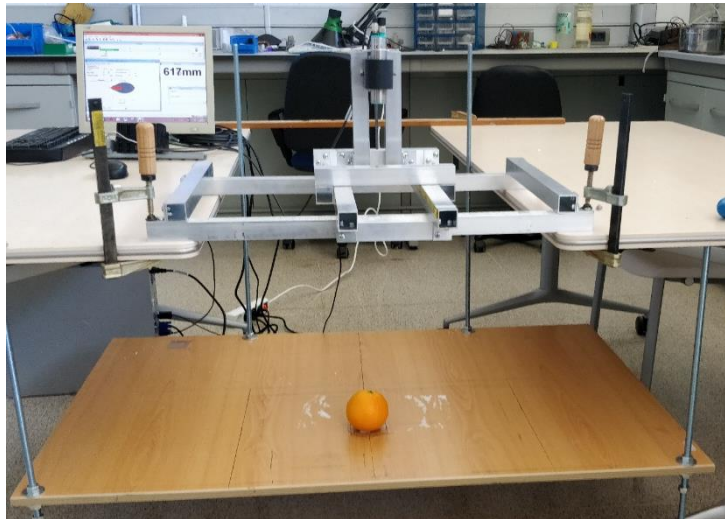


Figura 33 Grup d'escenaris.

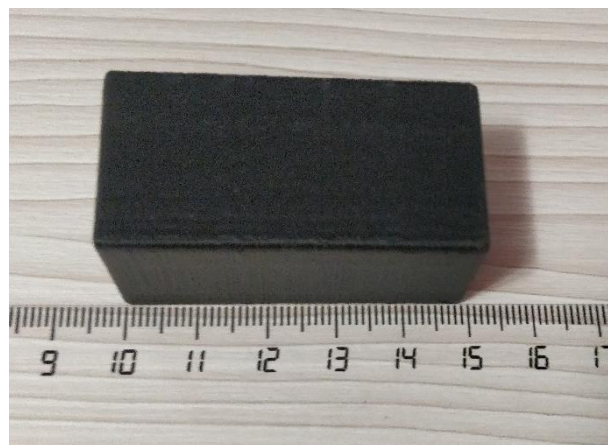




*Figura 34 Mostra posicionada en la plataforma d'elevació per al seu escombrat.*

### 5.1 Assaig 1: Mesures sobre un cos en forma de prisma rectangular

Com a estudi inicial s'ha escollit un prisma rectangular de 25x25x50mm per tal de determinar com el sensor llegeix l'objecte ens els diferents escenaris.



*Figura 35 Mostra prisma rectangular 25x25x50mm.*

#### 5.1.1 Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 471mm$ .
- Configuració del sensor:  $n = 5$ .

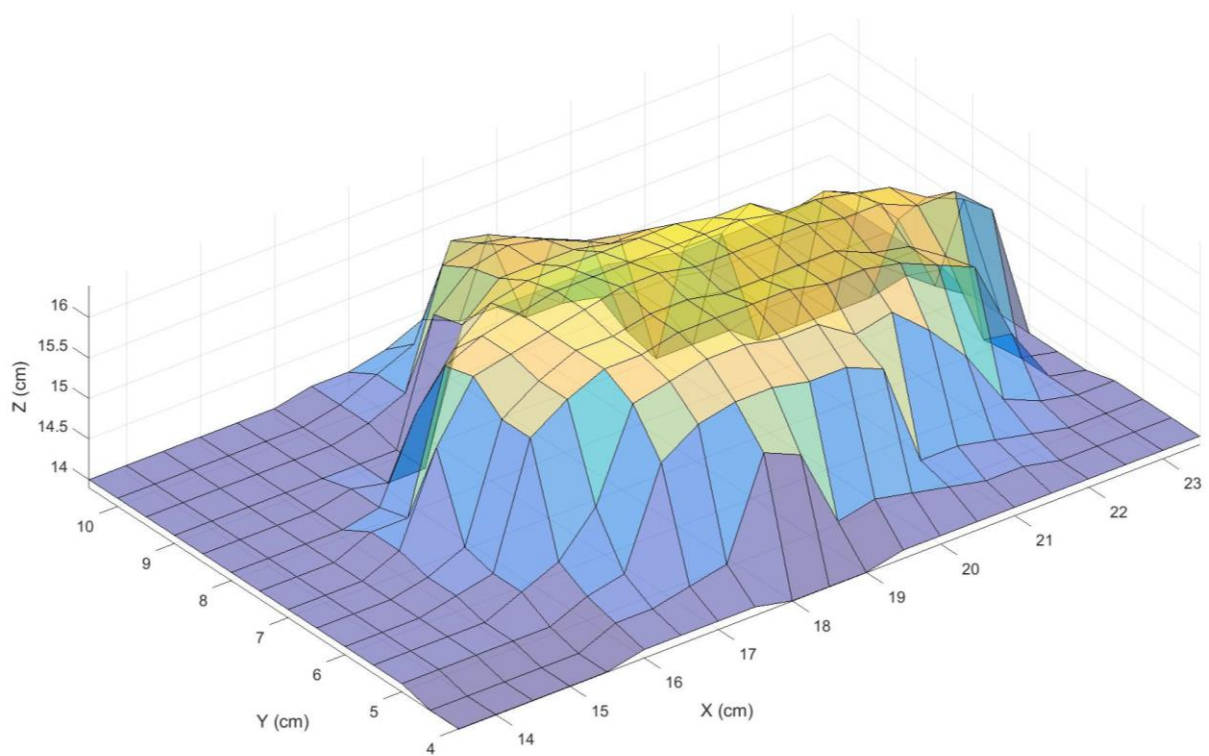


Figura 36 Primer escenari. Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm. Lectura: mitjana de 5 valors.

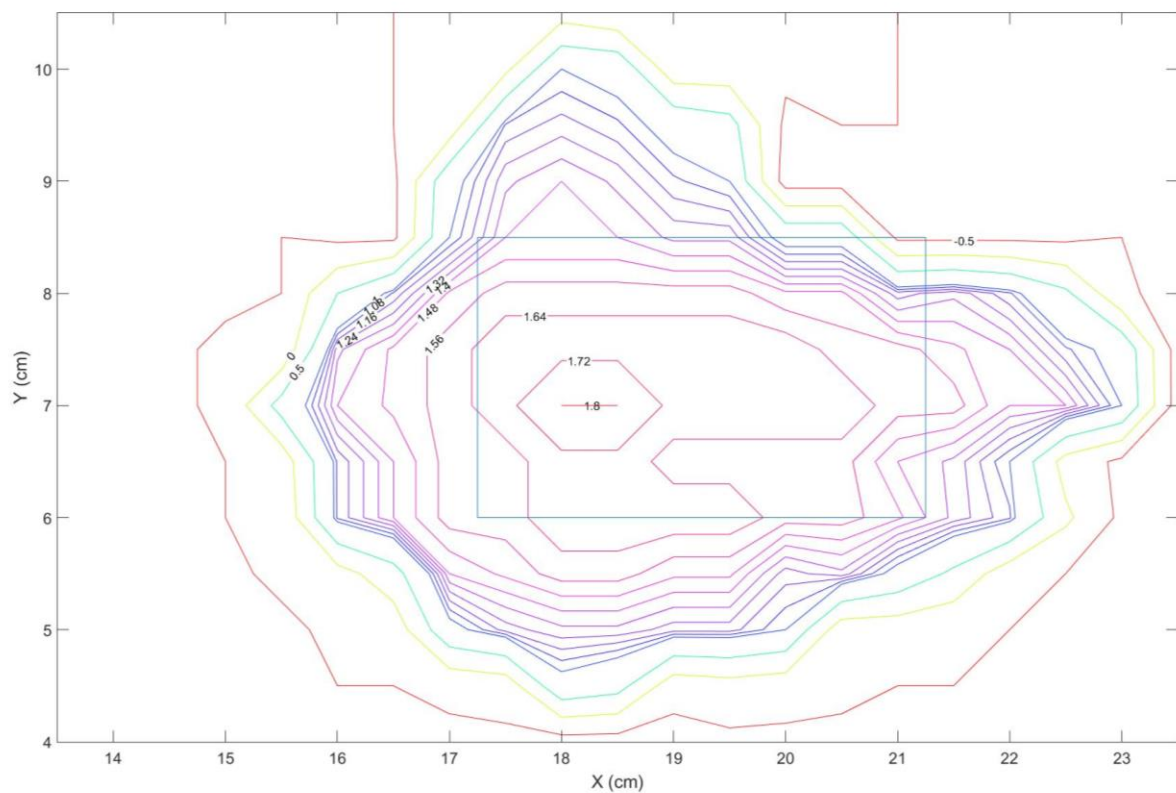


Figura 37 Primer escenari: Gràfica Contour.. Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm. Lectura: mitjana de 5 valors. (En blau) Perfil de la mostra original.

### 5.1.2 Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 471mm$ .
- Configuració del sensor:  $n = 1$ .

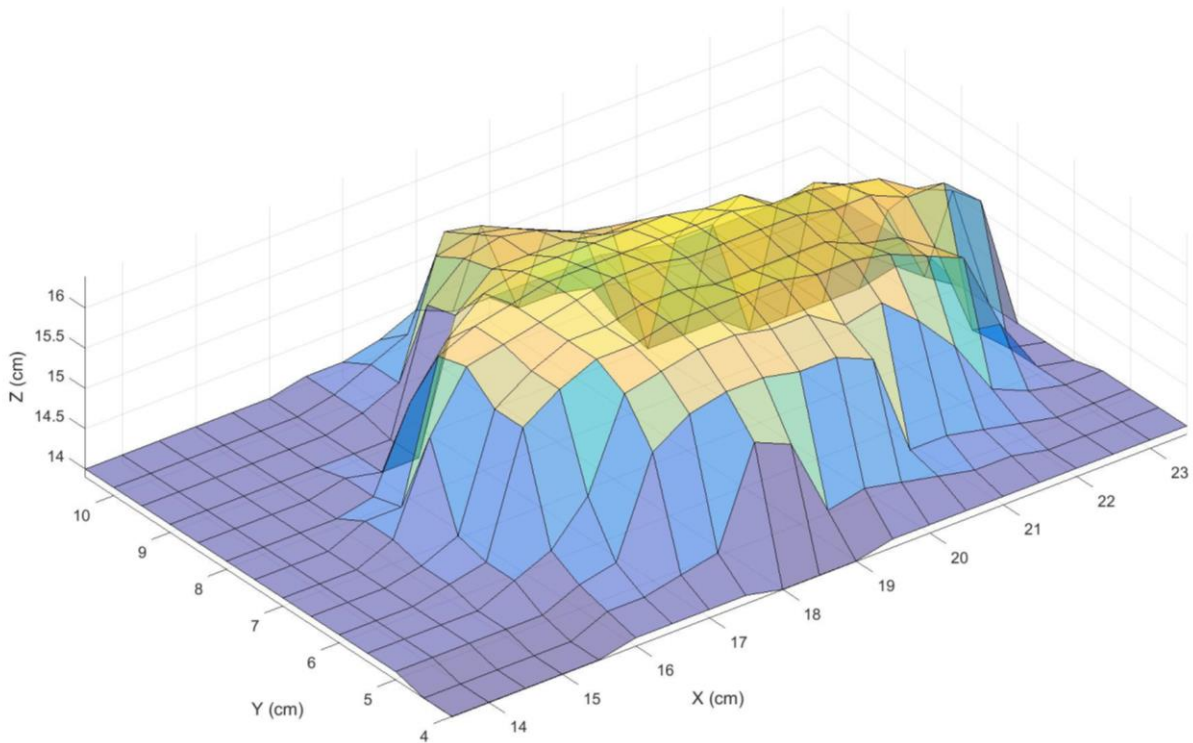


Figura 38 Segon escenari. Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm. Lectura: 1 únic valor.

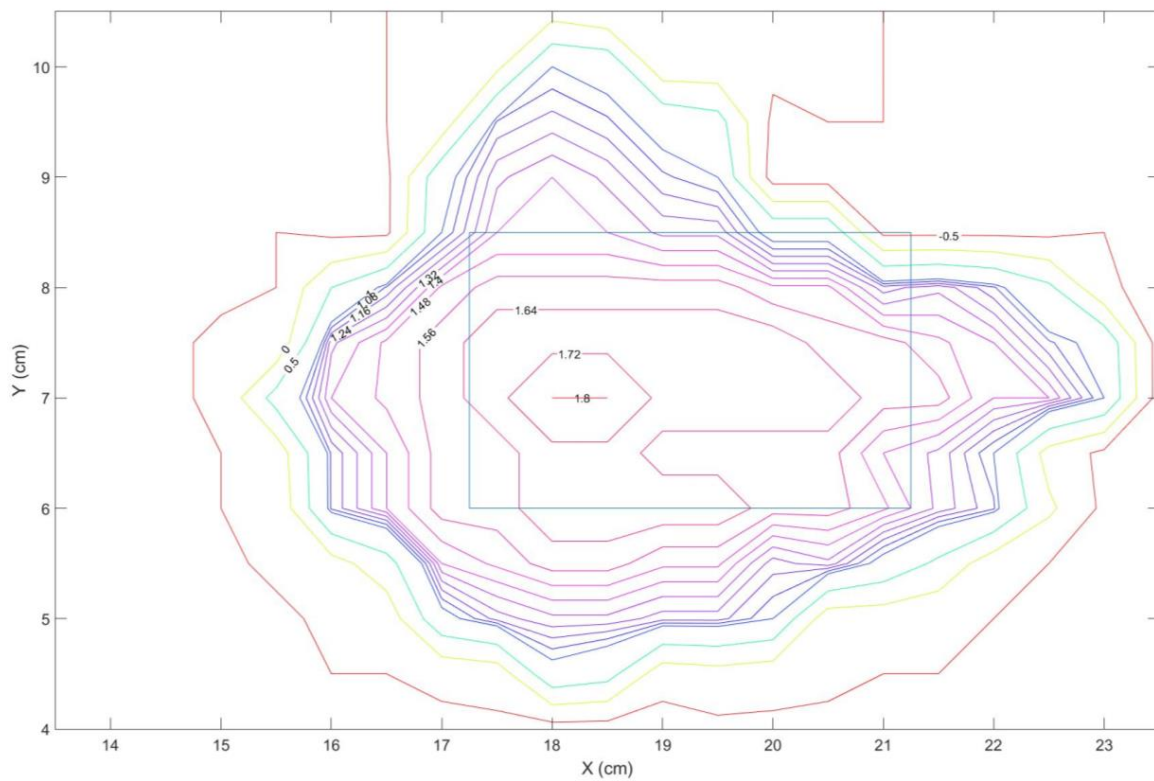


Figura 39 Segon escenari: Gràfica Contour.. Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm. Lectura: 1 únic valor. (En blau) Perfil de la mostra original.



### 5.1.3 Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 464mm$ .
- Configuració del sensor:  $n = 5$ .

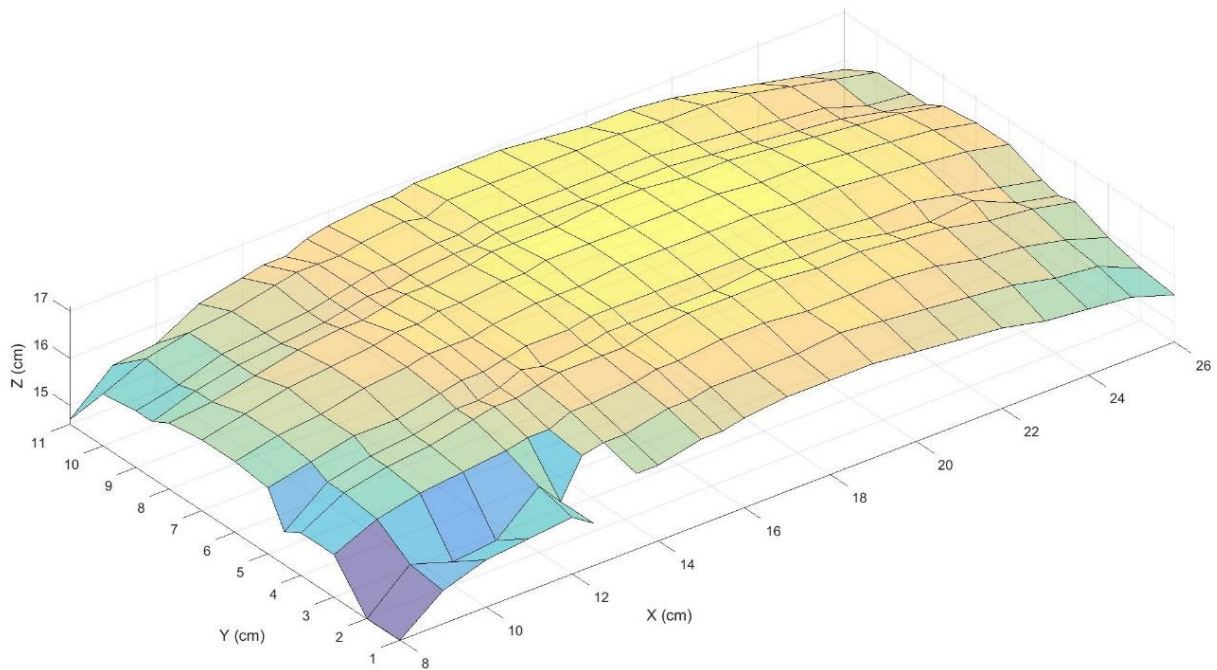


Figura 40 Tercer escenari: Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 464mm. Lectura: mitjana de 5 valors.

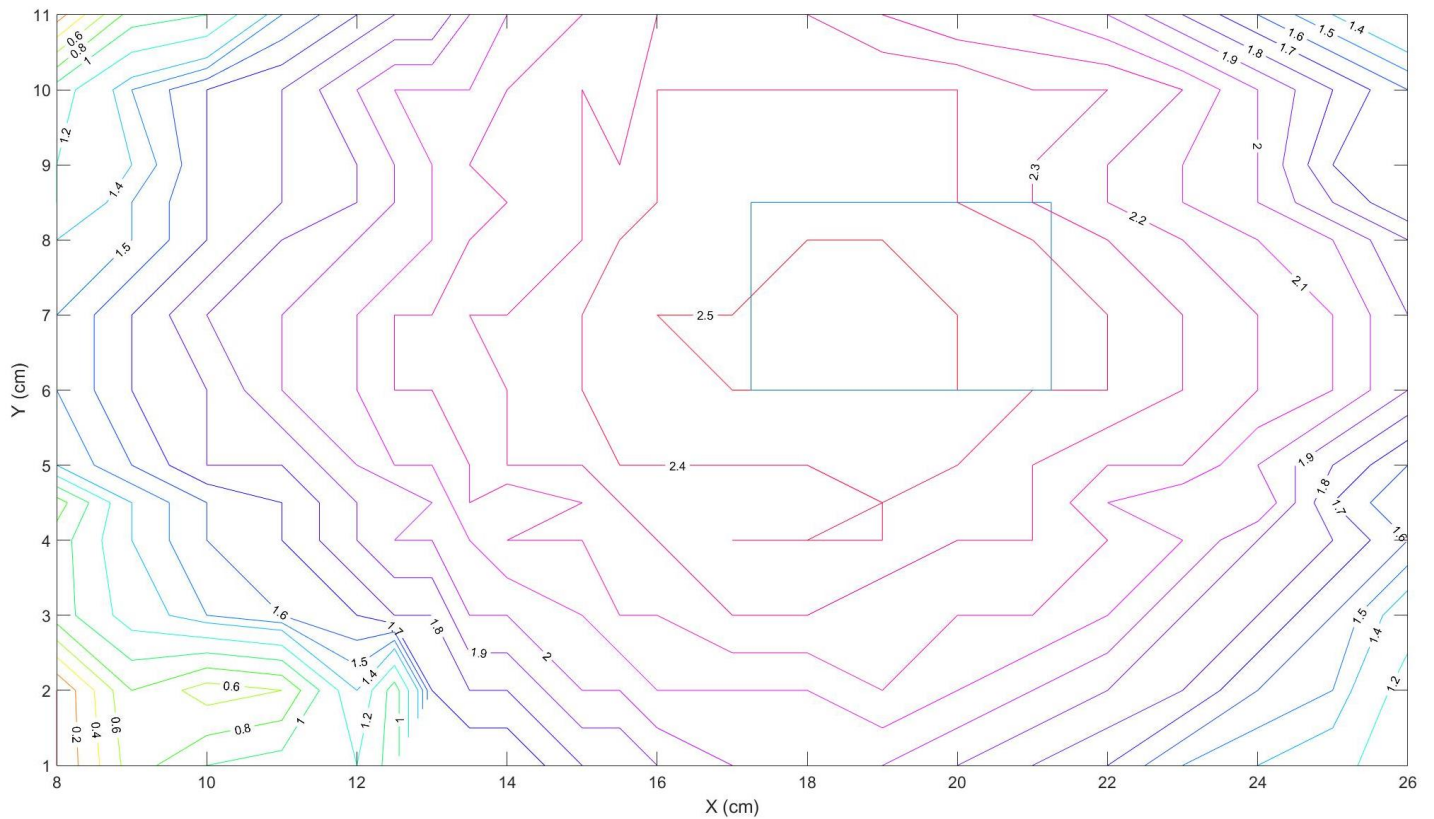


Figura 41 Tercer escenari: Gràfica Contour.. Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 464mm. Lectura: mitjana de 5 valors. (En blau) Perfil de la mostra original.

#### 5.1.4 Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 464mm$ .
- Configuració del sensor:  $n = 1$ .

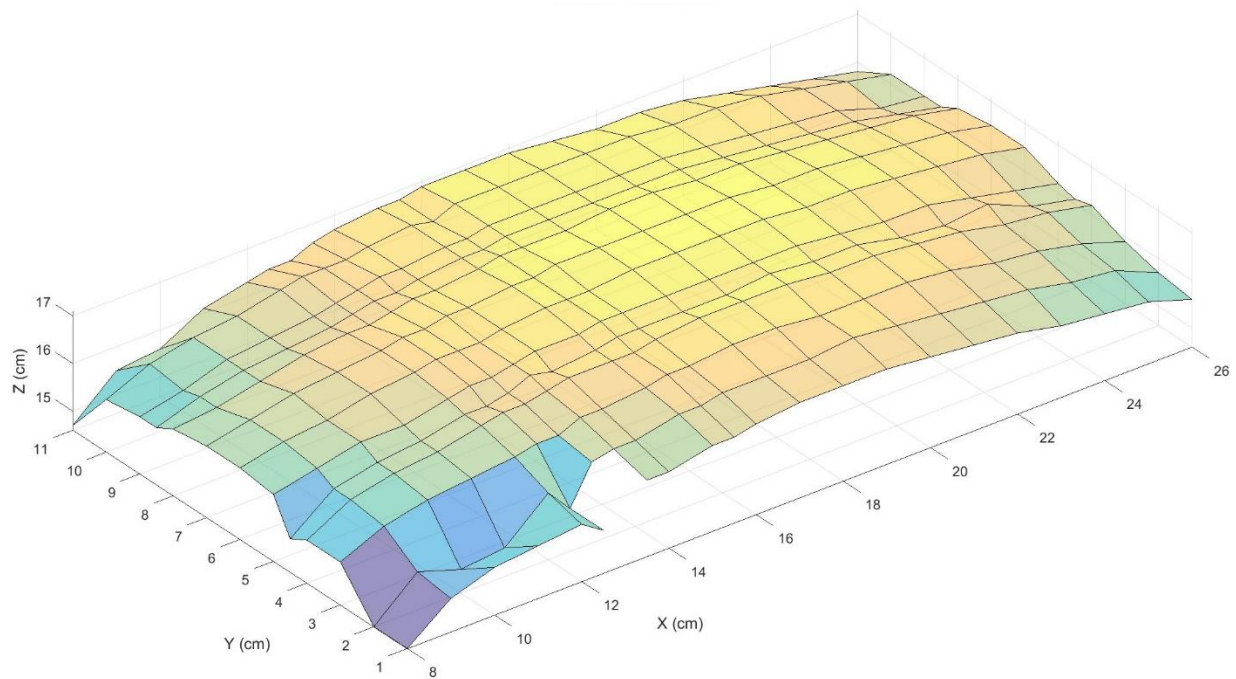


Figura 42 Quart escenari: Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 464mm. Lectura: 1 únic valor.

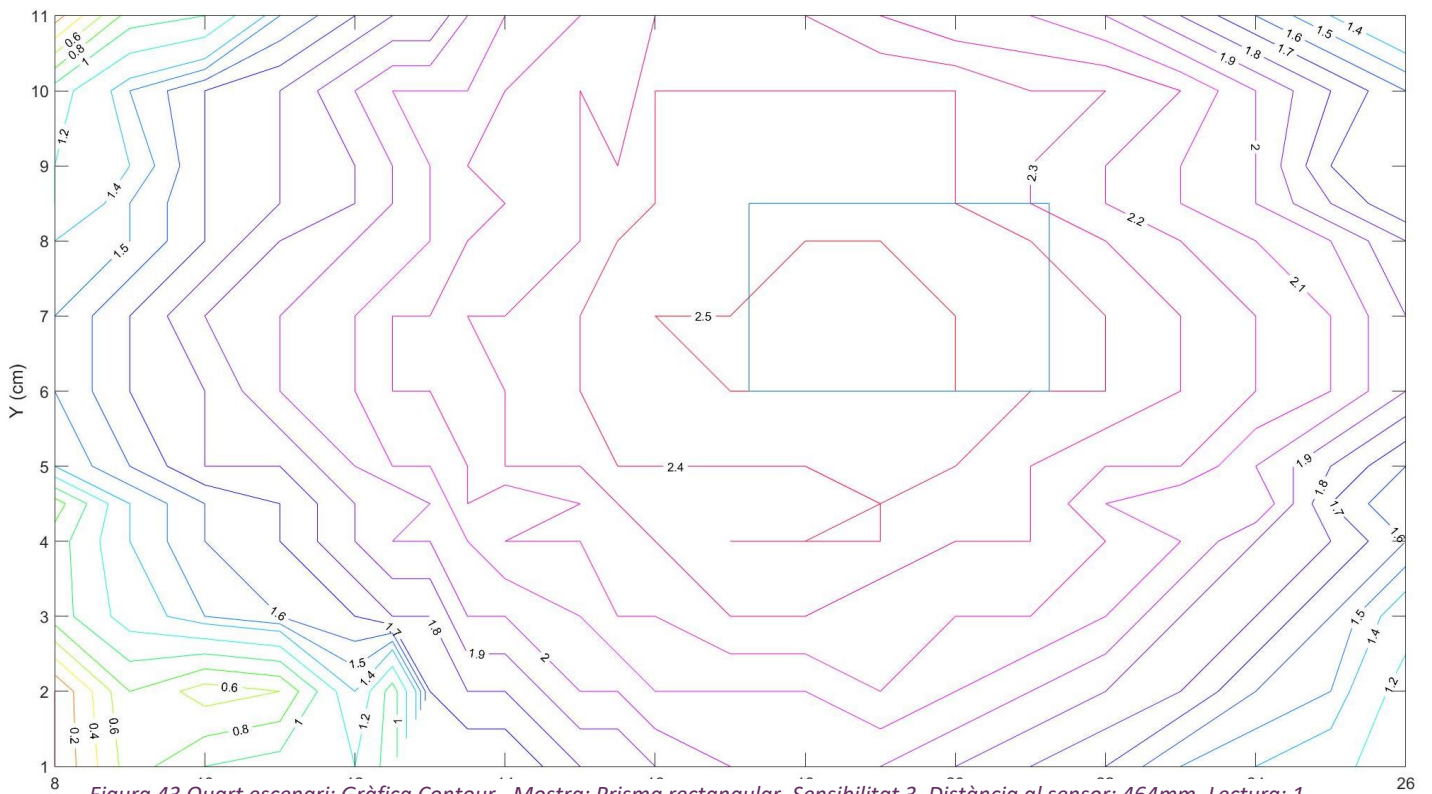


Figura 43 Quart escenari: Gràfica Contour.. Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 464mm. Lectura: 1 únic valor. (En blau) Perfil de la mostra original.

### 5.1.5 Cinquè escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 610mm$ .
- Configuració del sensor:  $n = 5$ .

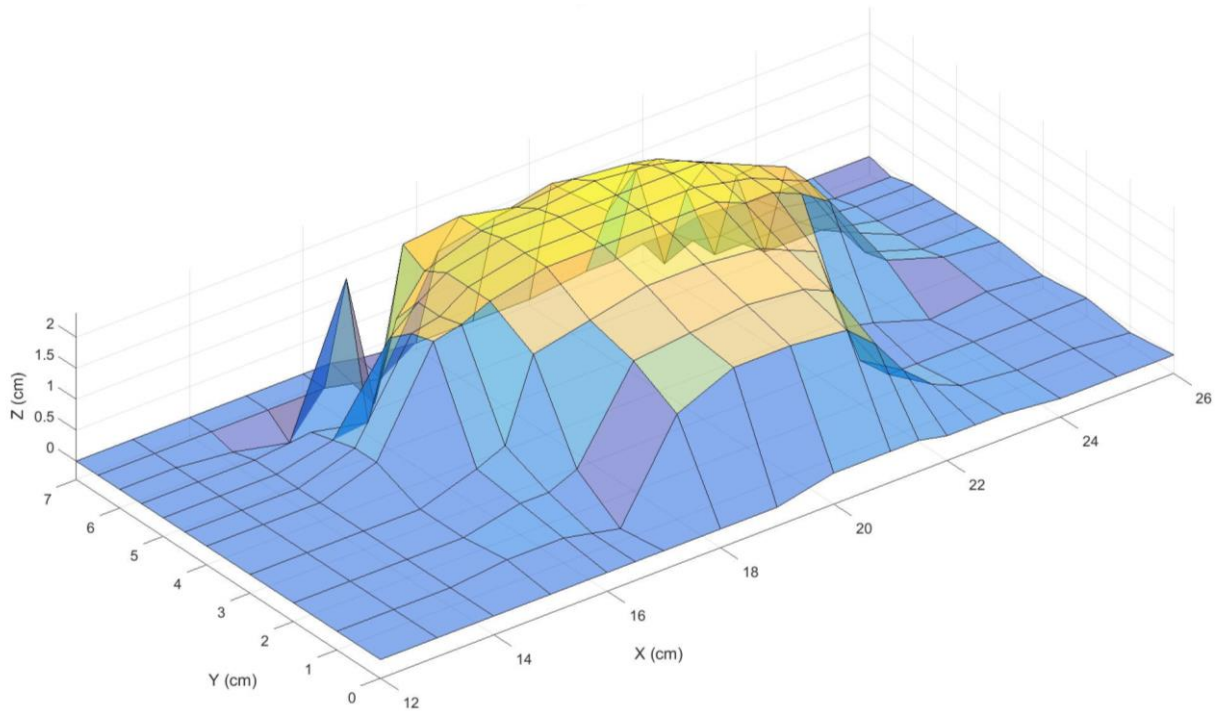


Figura 44 Cinquè escenari: Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 610mm. Lectura: mitjana 5 valors.

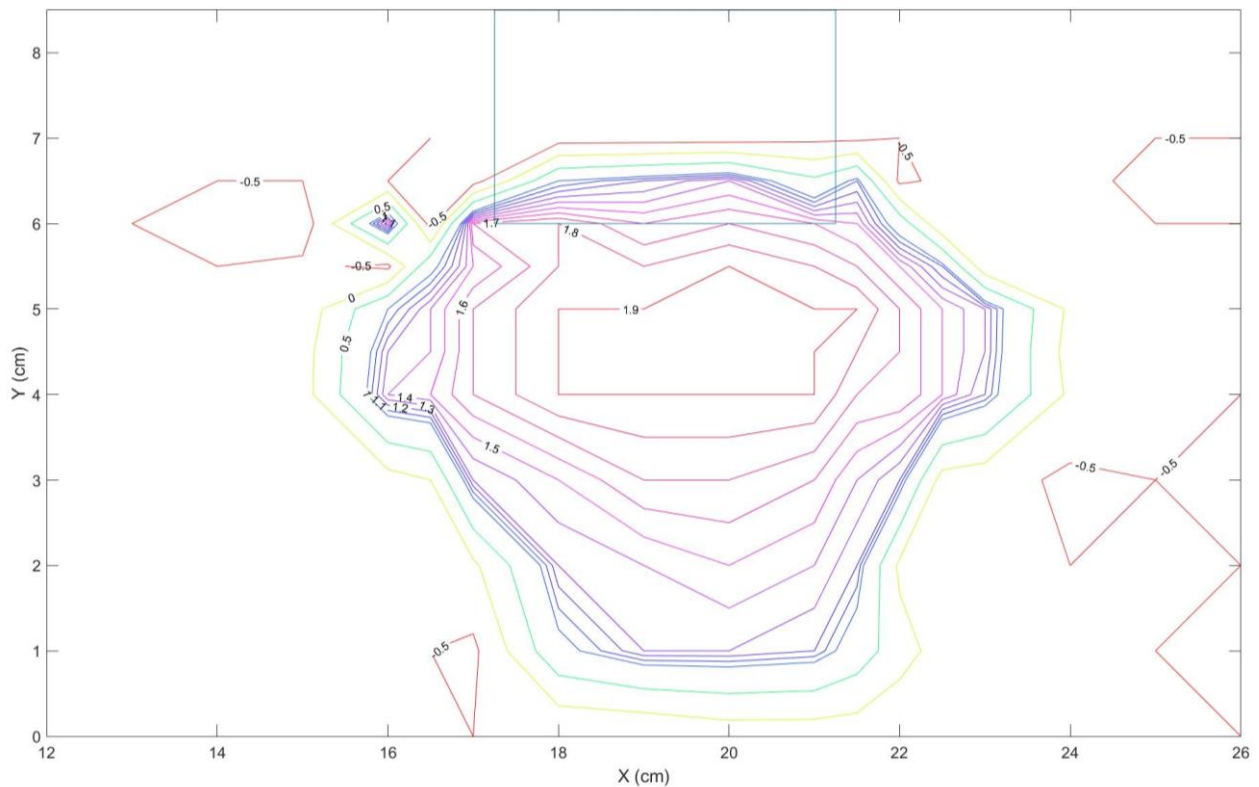


Figura 45 Cinquè escenari: Gràfica Contour. Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 610mm. Lectura: mitjana 5 valors. (En blau) Perfil de la mostra original.



### 5.1.6 Sisè escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 605mm$ .
- Configuració del sensor:  $n = 5$ .

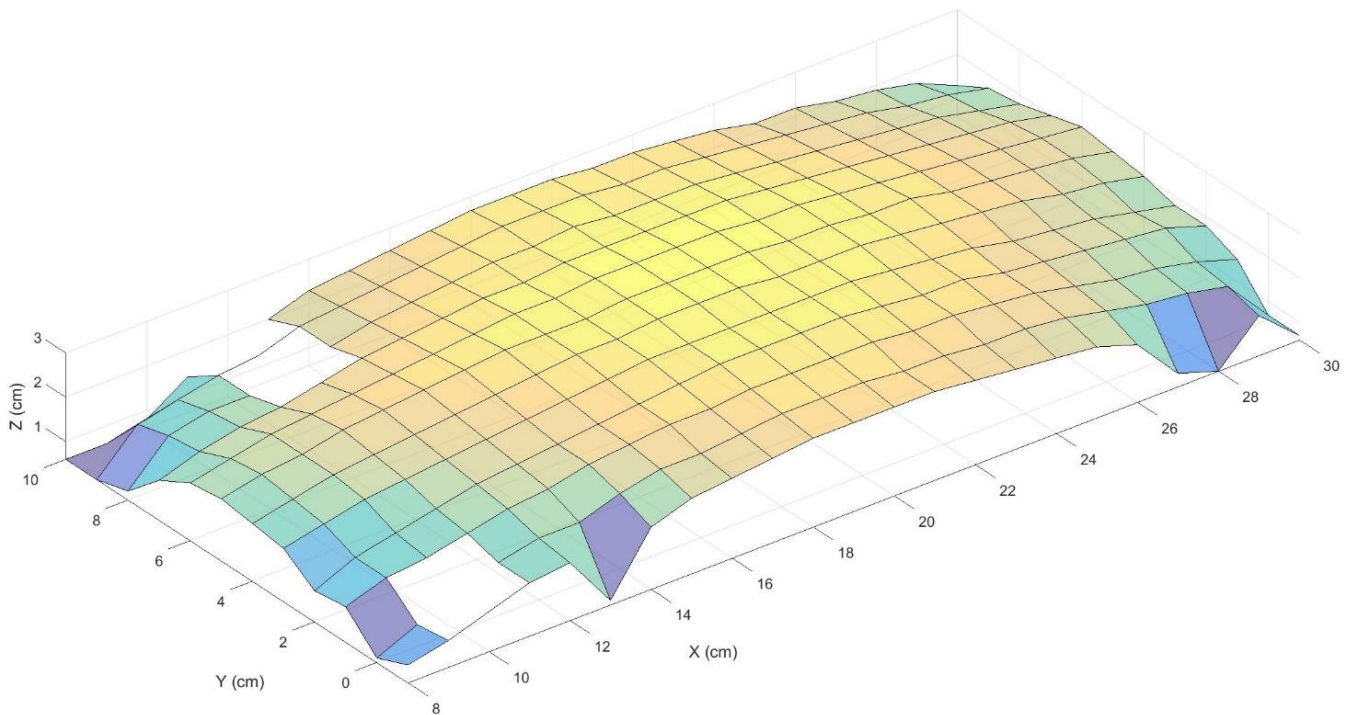


Figura 46 Sisè escenari: Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 605mm. Lectura: 5 valors.

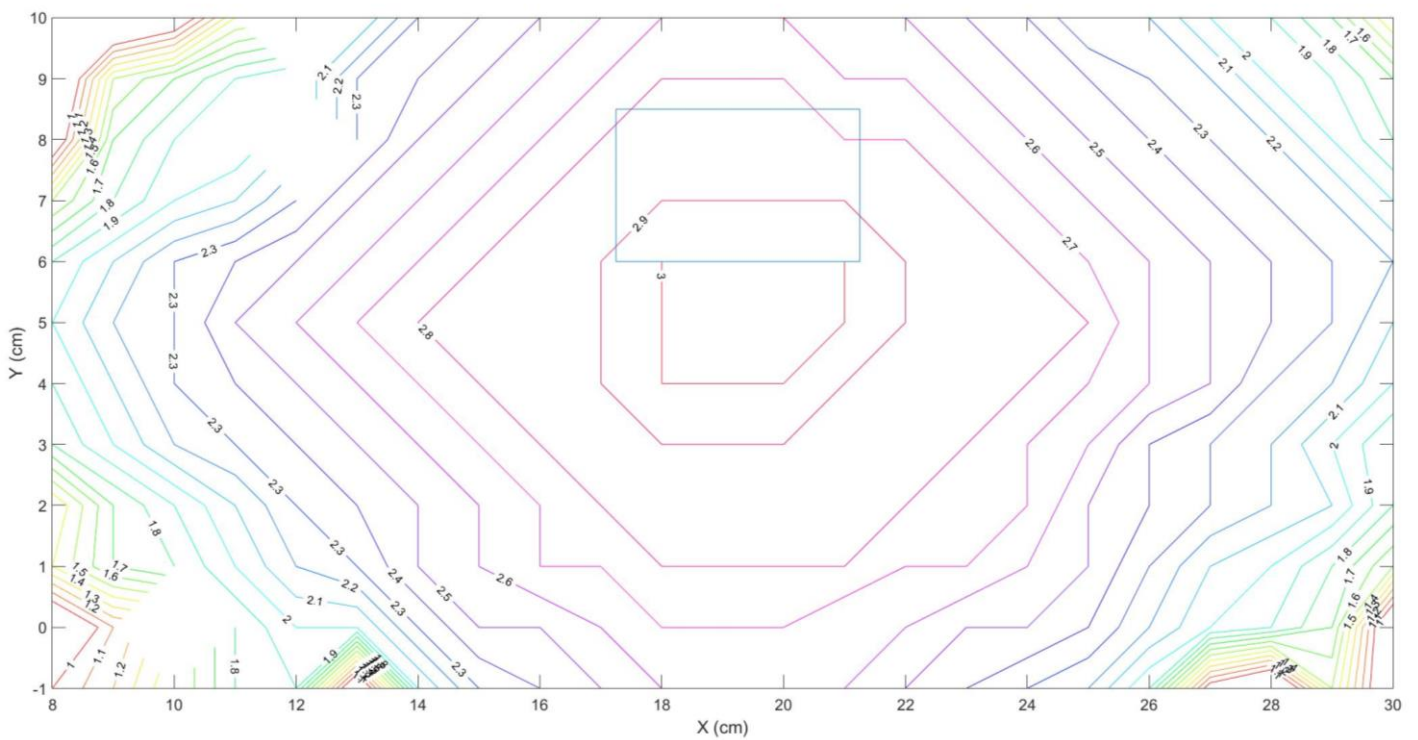


Figura 47 Sisè escenari: Gràfica Contour. Mostra: Prisma rectangular. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 605mm. Lectura: 5 valors.  
(En blau) Perfil de la mostra original.

L'escenari 1 (figura 36 i 37) i 2 (figura 38 i 39) presenten el mateix resultat, essent l'únic paràmetre diferent la configuració del sensor. S'estima que no afecta el nombre de mesures que pren el sensor. Es conclou que el factor variant nombre de mesures per lectura del sensor no modifica el valor mostrat en pantalla i es desestimarà pels futurs grups de escenaris (figura 48). També s'ha modificat el valor de la sensibilitat alta, que passa de 27 a 26. La sensibilitat 27 presentava un comportament similar a la 28, esmentat en l'apartat 4.1.1.

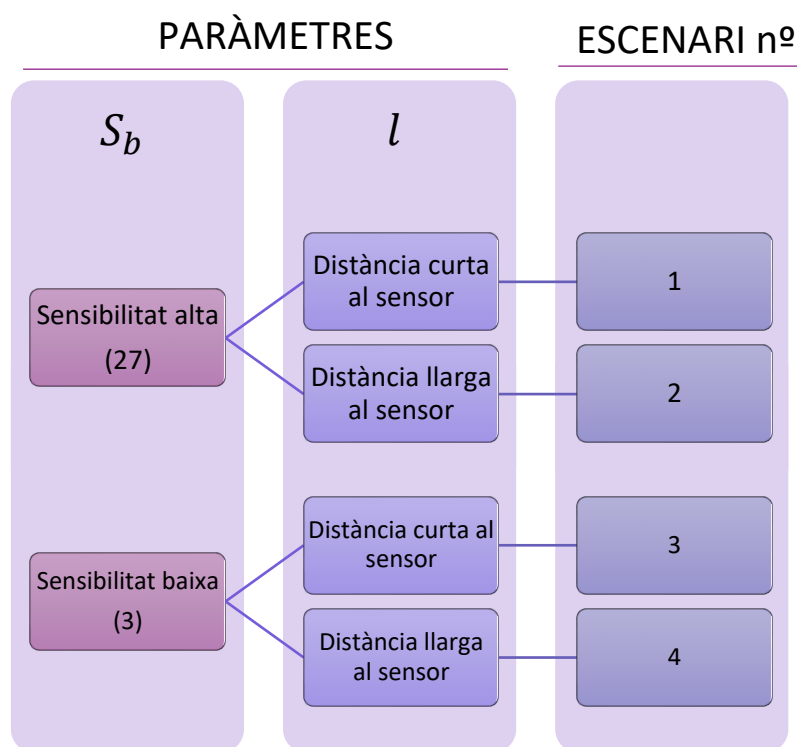


Figura 48 Esquema del nou grup d'escenaris. Es realitzarà un escombrat a cada mostra seguint aquest patró en els escenaris.

Amb una sensibilitat alta ( $S_b = 26$ ), escenari 1 (figura 36 i 37) i escenari 5 (figura 44 i 45), s'aprecia certa homogeneïtat en les mesures, si bé es cert que la forma no correspon a la mostra, hi ha poca oscil·lació en els valors d'una superfície plana. Es podien apreciar variacions en la mesura de 1 a 2 mm.

En la sensibilitat 3, escenari 3 (figura 40 i 41) i escenari 6 (figura 46 i 47), tenen una forma més arrodonida degut a l'amplitud del feix emès, al tenir una superfície de detecció més gran, detecta prisma rectangular on hauria de detectar la plataforma d'elevació.

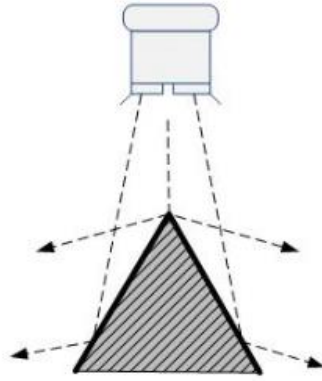
El cos de l'objecte queda distorsionat en tots els escenaris, el sensor no detecta el desnivell de les arestes, fet que provoca un efecte campana al voltant del prisma rectangular.

## 5.2 Assaig 2: Mesures sobre un cos en forma de piràmide de base quadrada

D'acord amb el grup d'escenaris (figura 48), es realitza 4 escombrats a una piràmide 10x10x7,5 cm.

La figura geomètrica de la piràmide no és detectada pel sensor degut a les pendents. L'ona és mal reflectida en els diferents punts al llarg de la paret inclinada, fet que provoca una gran oscil·lació en les mesures (figura 49), essent impossible prendre una correcta lectura.





*Figura 49 Esquema representatiu de com el sensor interacciona amb una piràmide. S'observa que el senyal es rebotat en una direcció diferent al sensor.*

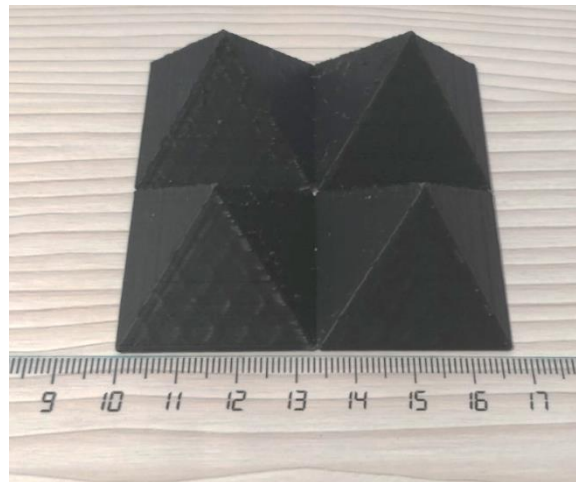
Atès que la piràmide dona una lectura inestable i no repetible s'ha suposat:

- Què passaria si hi hagués 4 piràmides? Farien rebotar l'ona entre elles?.

Així doncs l'objecte de mostra s'ha modificat, ampliant el nombre de piràmides a escombrar.

#### 5.2.1 Assaig 2.1: Conjunt de 4 piràmides de base quadrada.

La nova mostra consisteix en un grup de 4 piràmides petites de dimensions 3,34x3,34cm, les mesures del conjunt total són 6,9x6,9cm i 3cm d'altura (figura 50). Es seguiran les condicions establertes en la figura 48.



*Figura 50 Mostra: conjunt piràmides. Consisteix en 4 petites piràmides col·locades de forma simètrica.*

##### 5.2.1.1 Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 471\text{mm}$ .

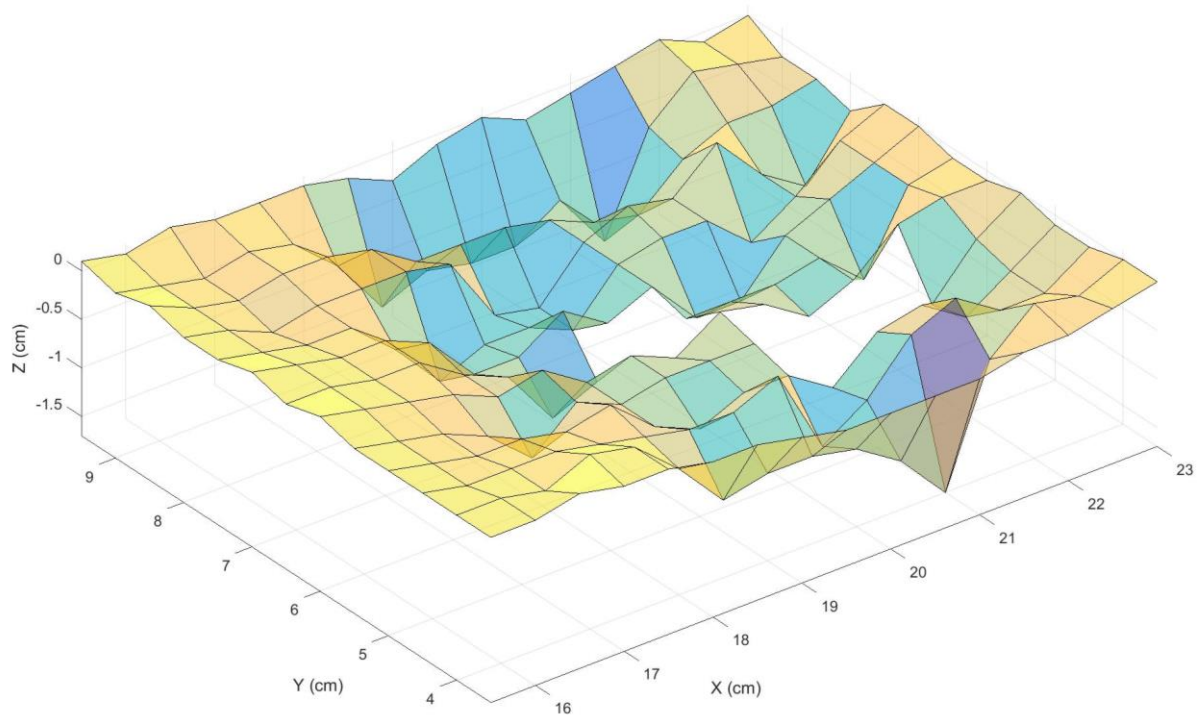


Figura 51 Primer escenari: Mostra: Grup de piràmides. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm.

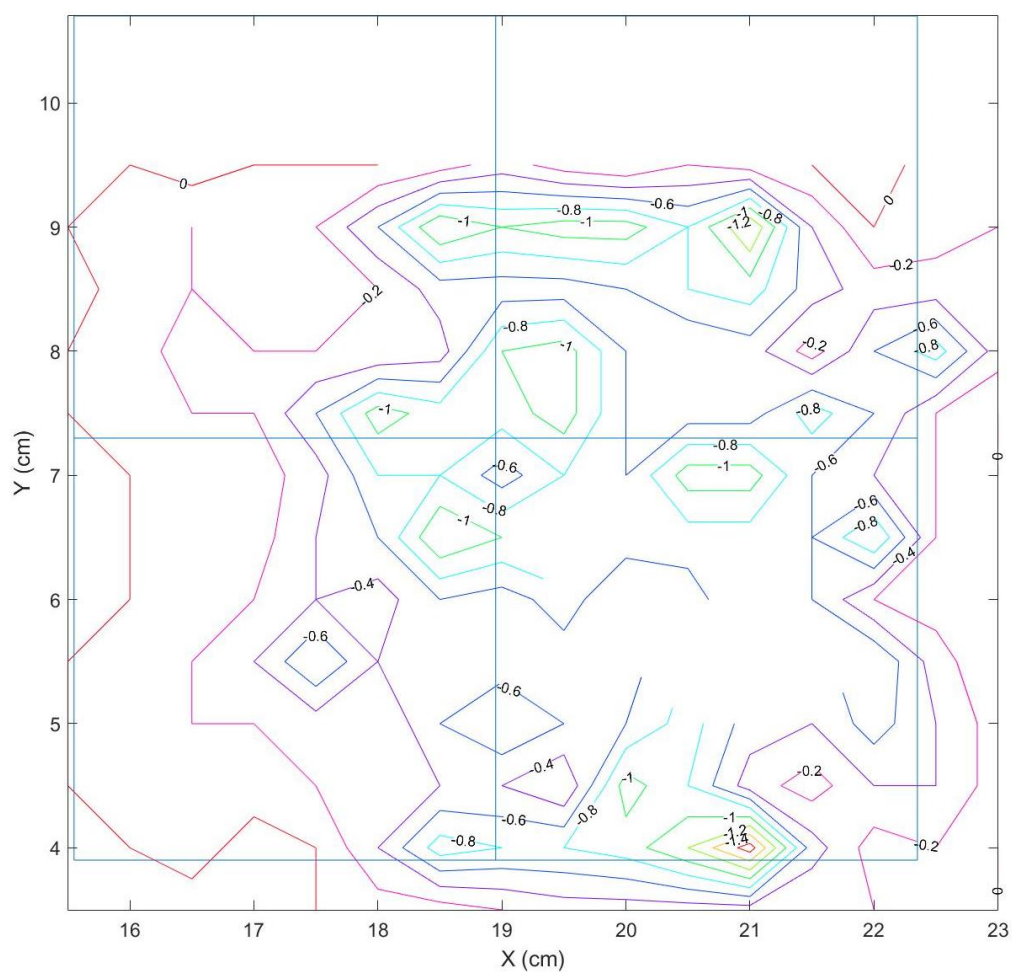


Figura 52 Primer escenari: Grafica Contour. Mostra: Grup de piràmides. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

### 5.2.1.2 Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 465\text{mm}$ .

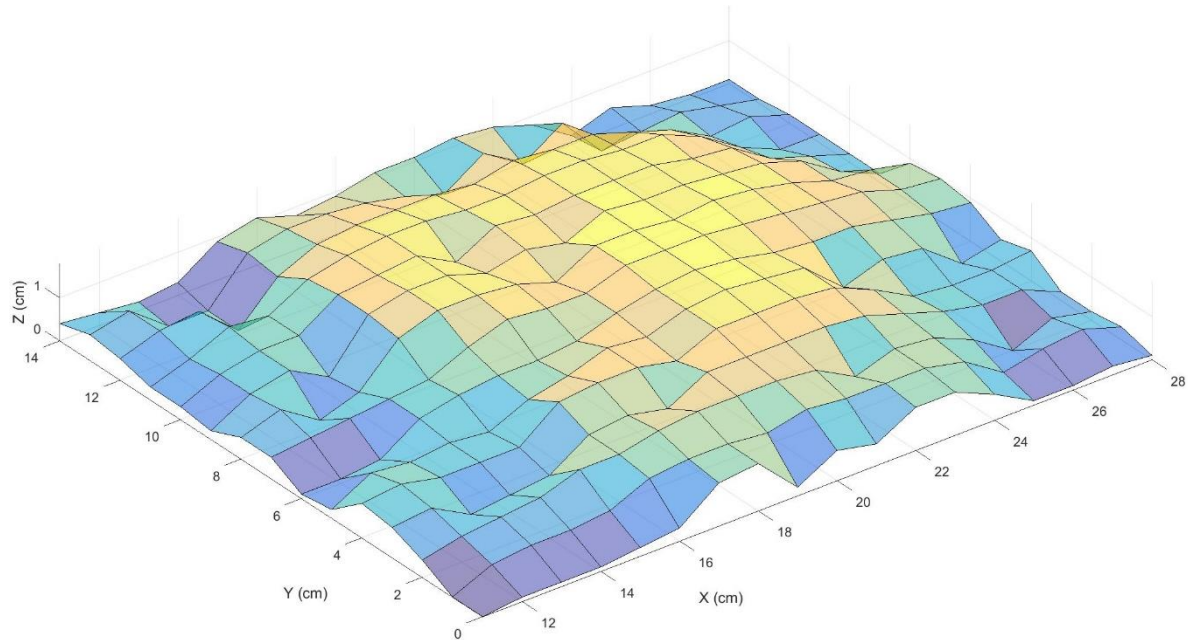


Figura 53 Segon escenari: Mostra: Grup de piràmides. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 465mm.

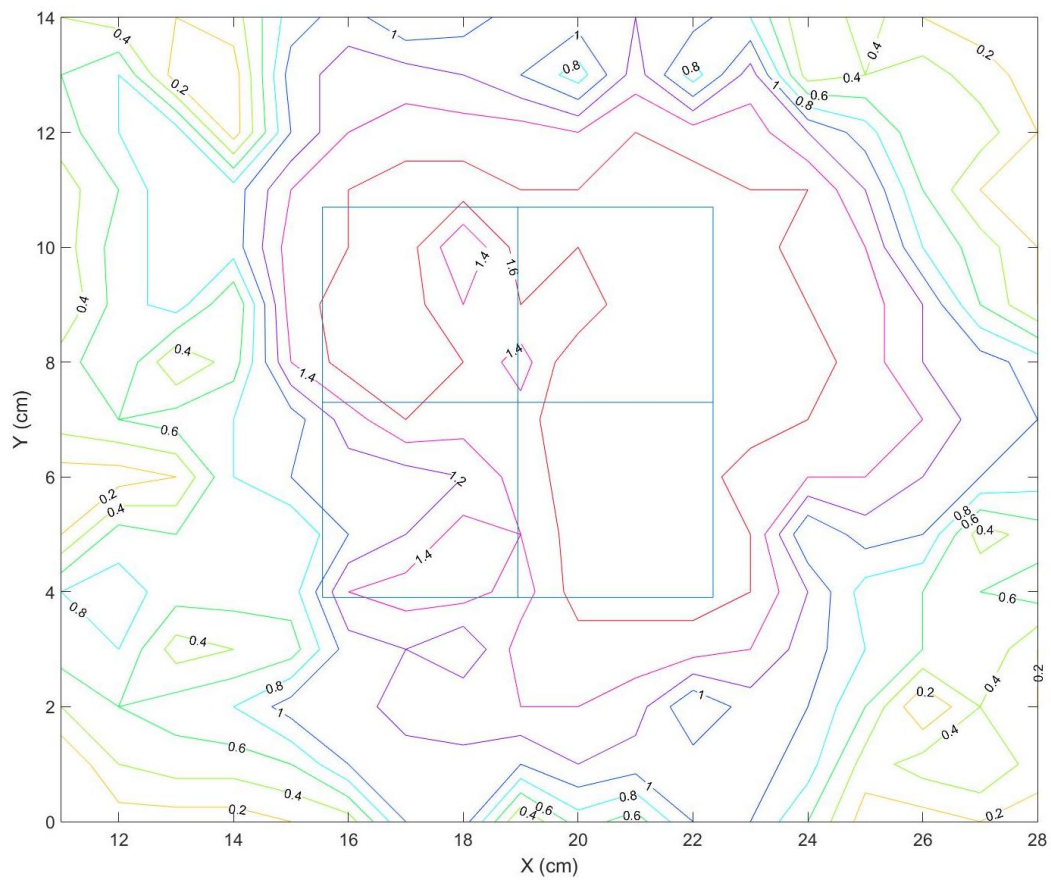


Figura 54 Segon escenari: Grafica Contour. Mostra: Grup de piràmides. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 465mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

### 5.2.1.3 Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 610\text{mm}$ .

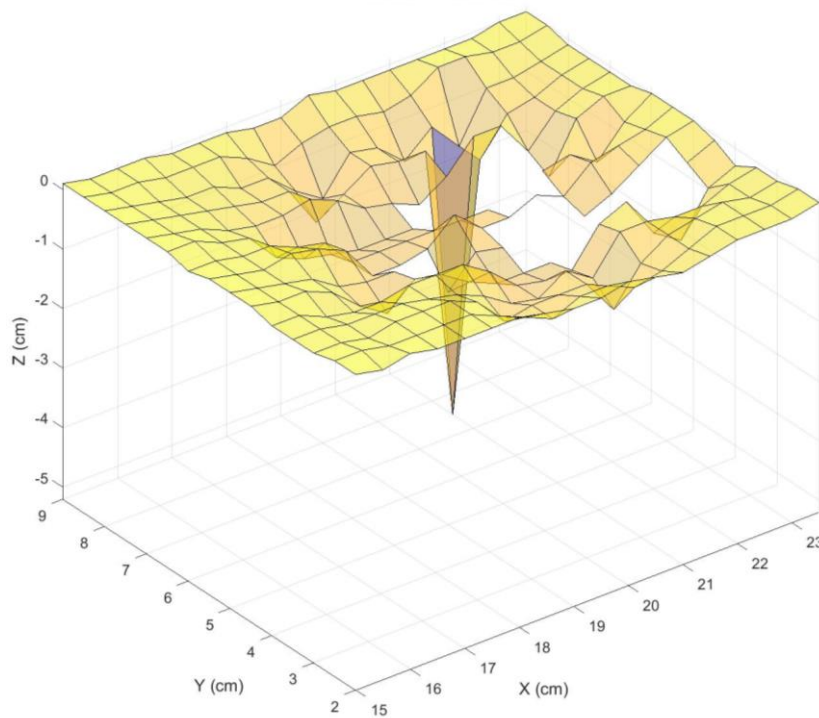


Figura 55 Tercer escenari: Mostra: Grup de piràmides. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 610mm.

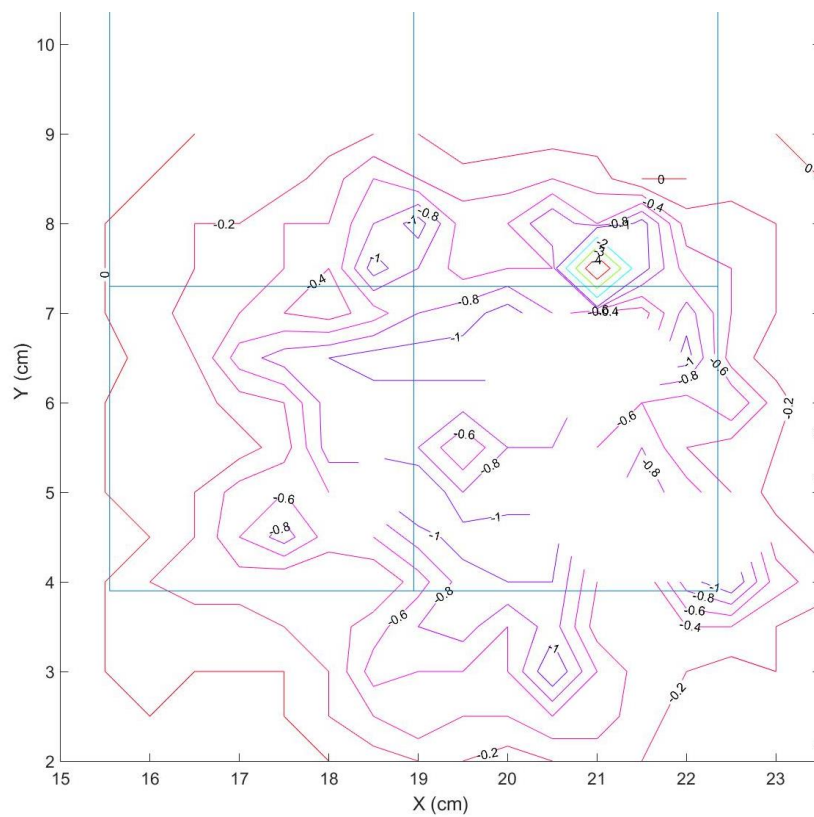


Figura 56 Tercer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Grup de piràmides. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 610mm. (En blau) Perfil de la mostra original.



#### 5.2.1.4 Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust.

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 605mm$ .

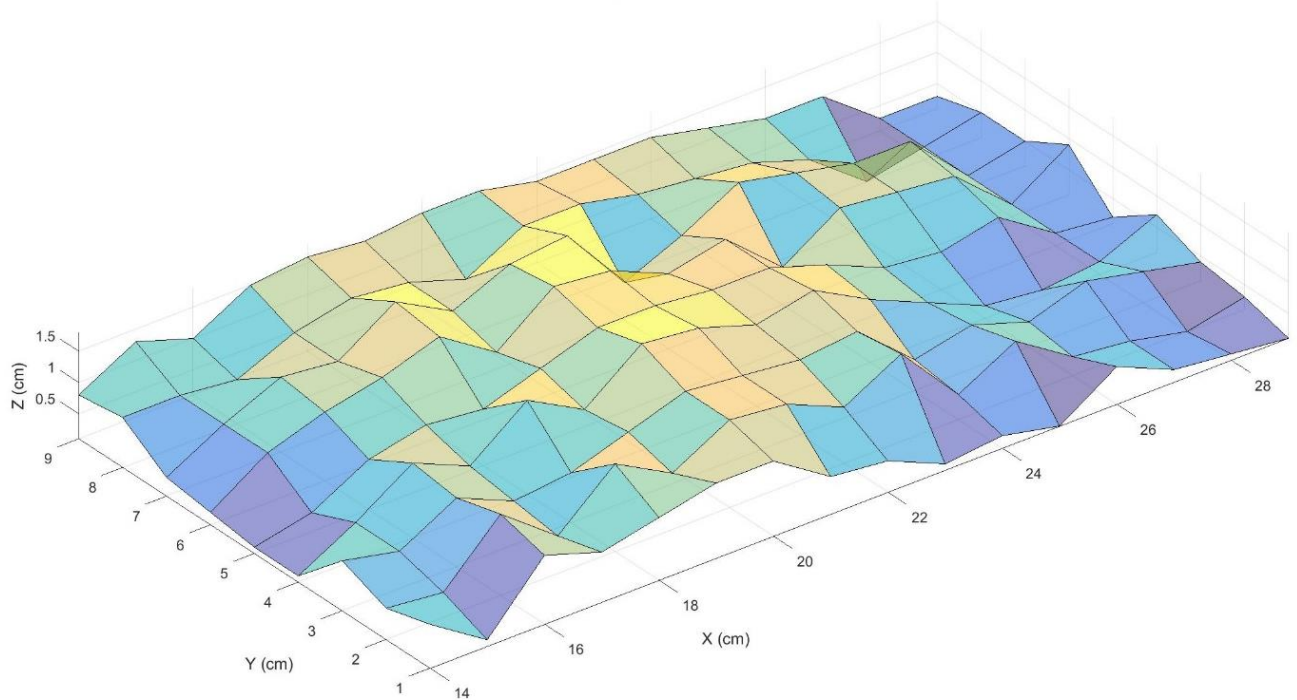


Figura 57 Quart escenari: Mostra: Grup de piràmides. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 605mm.

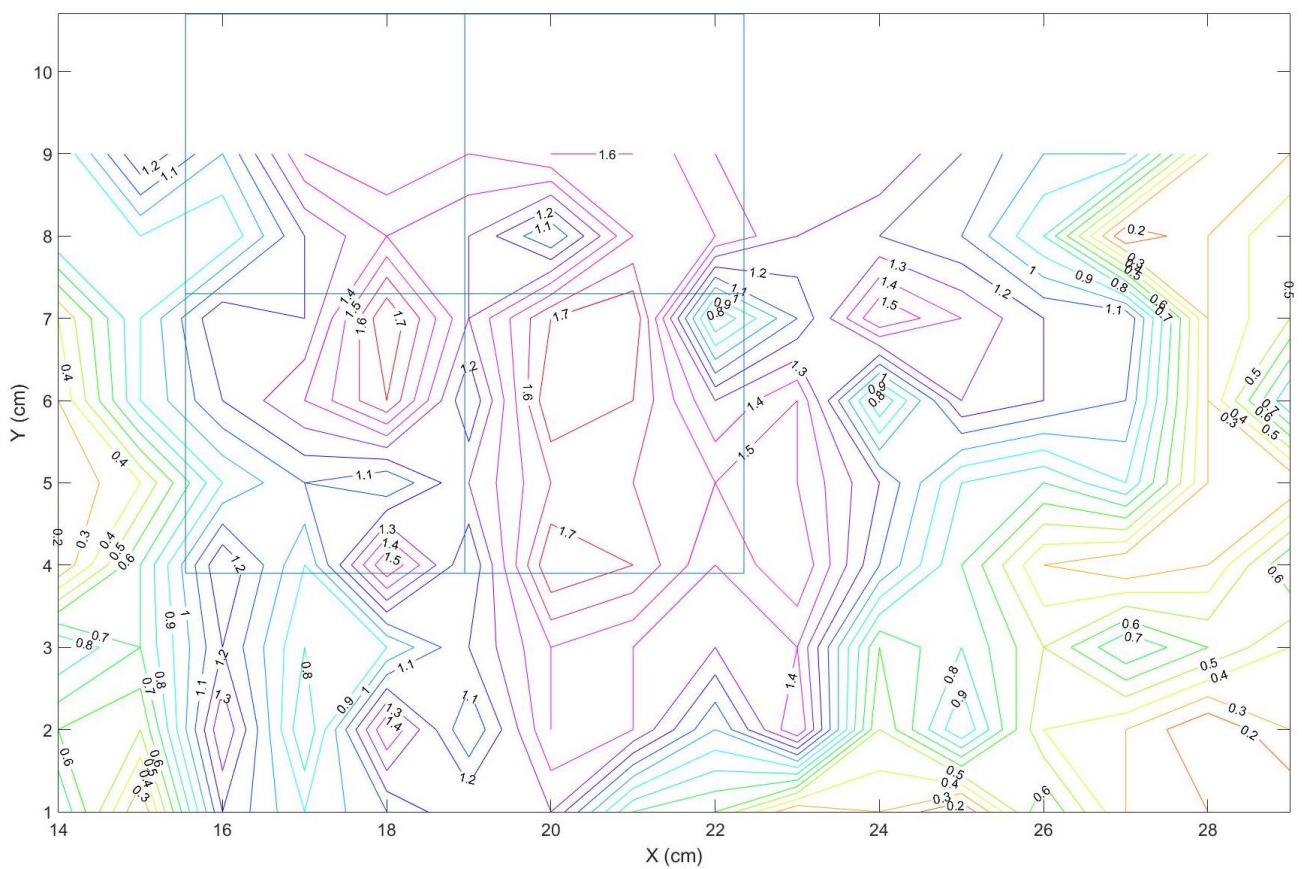


Figura 58 Quart escenari: Gràfica Contour. Mostra: Grup de piràmides. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 605mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

Per l'alta sensibilitat, escenari 1 (figura 51 i 52) i escenari 3 (figura 55 i 56), el senyal ha anat rebotant entre les cares de les piràmides fins tornar al sensor. Degut a que el feix de so es més estret, incideix sobre les piràmides de forma més individual. Aquest fet provoca que el sensor no detecti bé la distància a la mostra. Segons els resultats obtinguts, la figura es troba a una distància més llunyana que la plataforma.

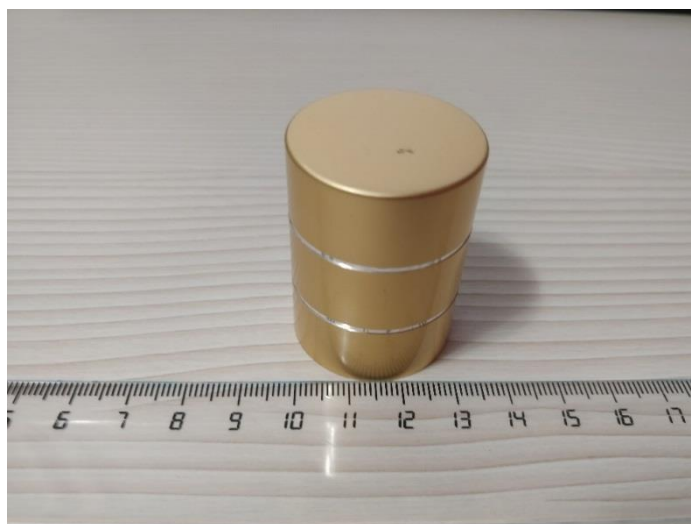
En la sensibilitat restant (3), escenari 2 (figura 54 i 53) i escenari 4 (figura 57 i 58), s'observa una forma amorfa que no permet identificar el grup de piràmides, és a dir, no s'aprecia ni els pics de d'aquestes ni la forma quadrada del conjunt. A diferència de la sensibilitat anterior (26), el senyal no ha rebotat entre les diferents cares de les piràmides, degut, segurament a que l'amplada del feix de so emès, és més ample que la mostra.

Donant resposta a la hipòtesis, el conjunt de piràmides no soluciona el problema.

Es pot dir que els elements piramidals són un inconvenient pels sensors d'US, per tant s'ha de considerar com un aspecte important a l'hora de escollir un sensor per determinades situacions.

### 5.3 Assaig 3: Mesures sobre un cos cilíndric d'eix vertical

La mostra és un cilindre de plàstic de altura 4,3 cm i diàmetre 3,2cm. Els escombrats es realitzaran segons el nou criteri d'escenaris (figura 48).



*Figura 59 Mostra d'un cos cilíndric d'eix vertical.*

#### 5.3.1 Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 468mm$

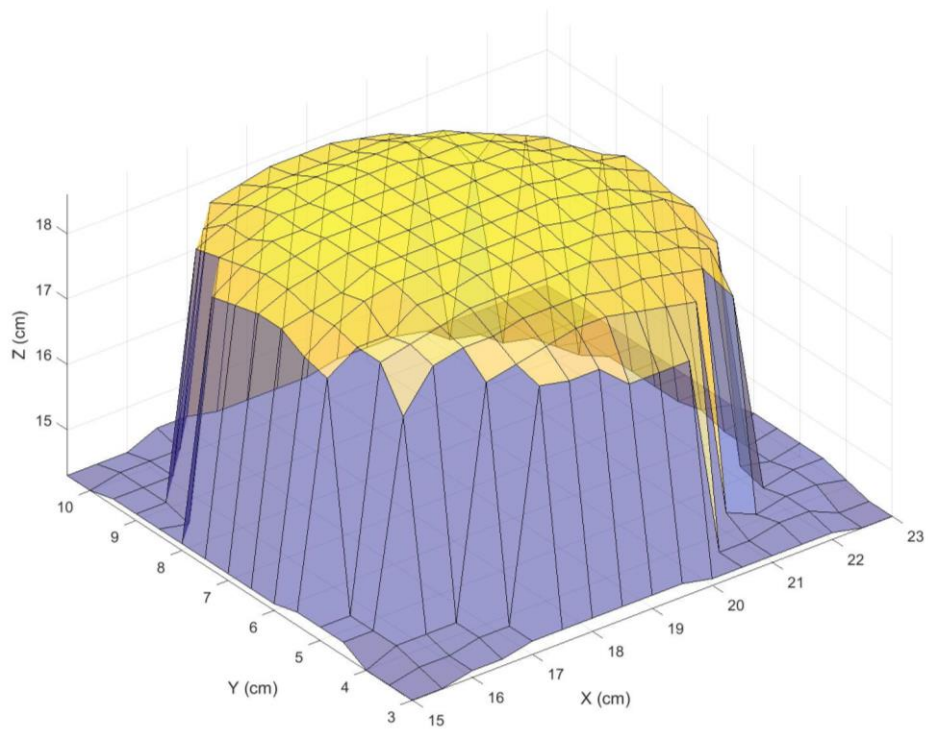


Figura 60 Primer escenari: Mostra: Cilindre. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 468mm.

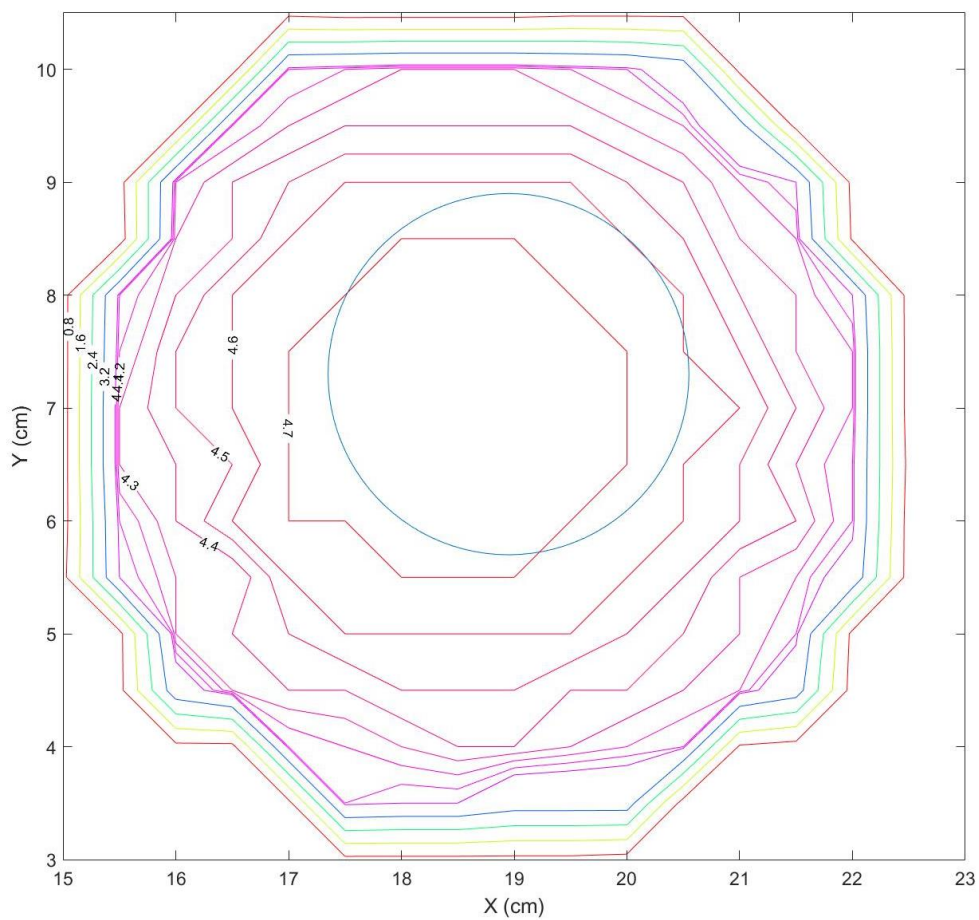


Figura 61 Primer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Cilindre. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 468mm. (En blau) Perfil de la mostra original.



### 5.3.2 Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 472mm$

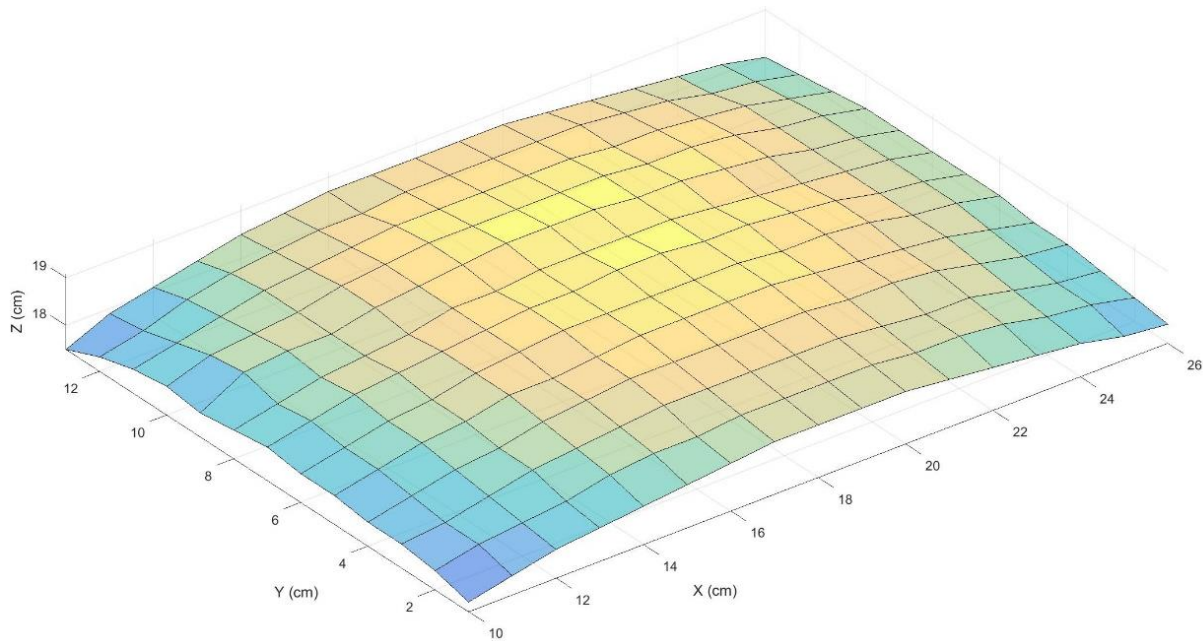


Figura 62 Segon escenari: Mostra: Cilindre. Sensibilitat 3 Distància al sensor: 472mm.

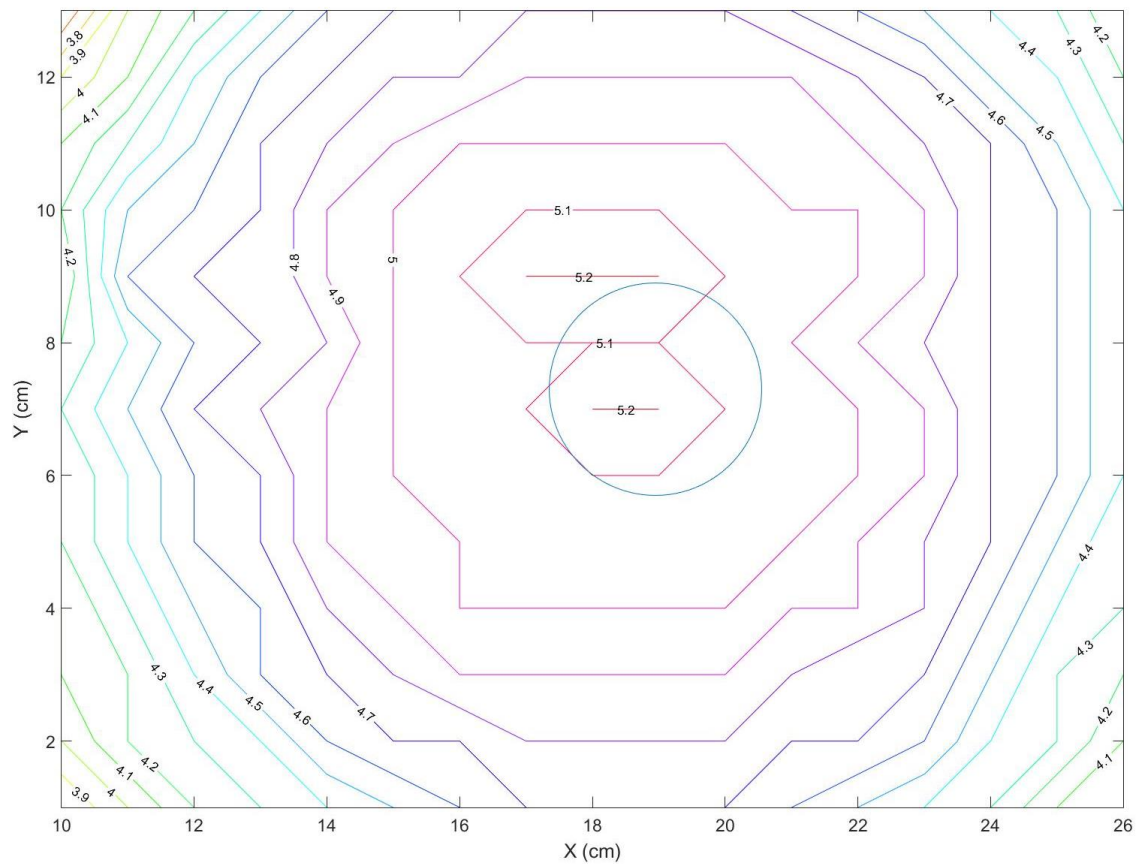


Figura 63 Segon escenari: Gràfica Contour. Mostra: Cilindre. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 472mm. (En blau) Perfil de la mostra original.



### 5.3.3 Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 617mm$ .

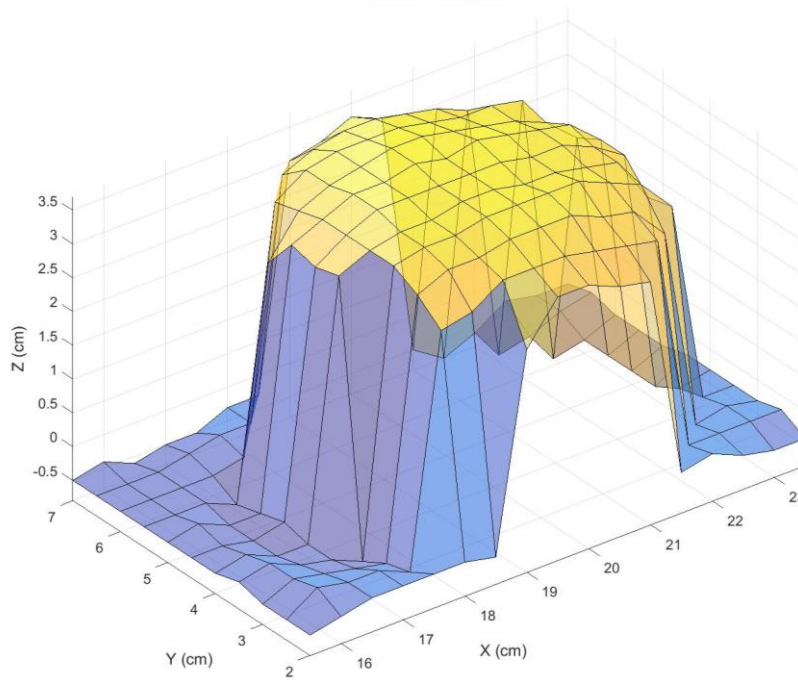


Figura 64 Tercer escenari: Mostra: Cilindre. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 617mm.

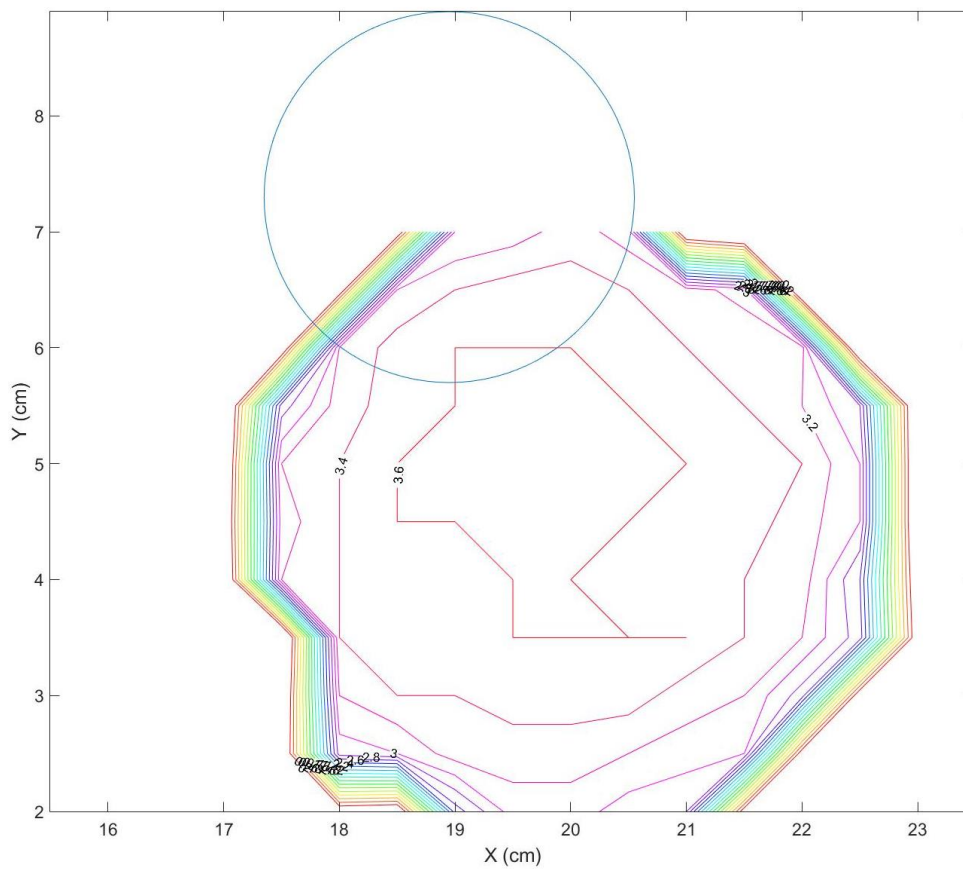


Figura 65 Tercer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Cilindre. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 617mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

#### 5.3.4 Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 611mm$

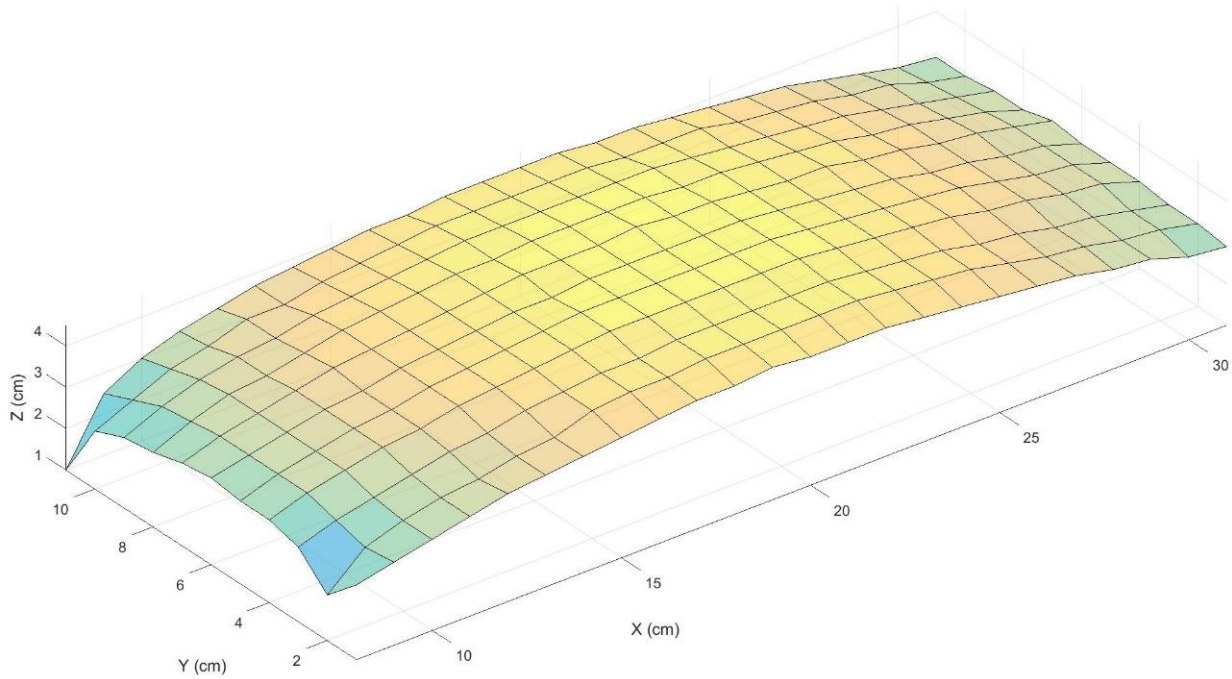


Figura 66 Quart escenari: Mostra: Cilindre. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 611mm.

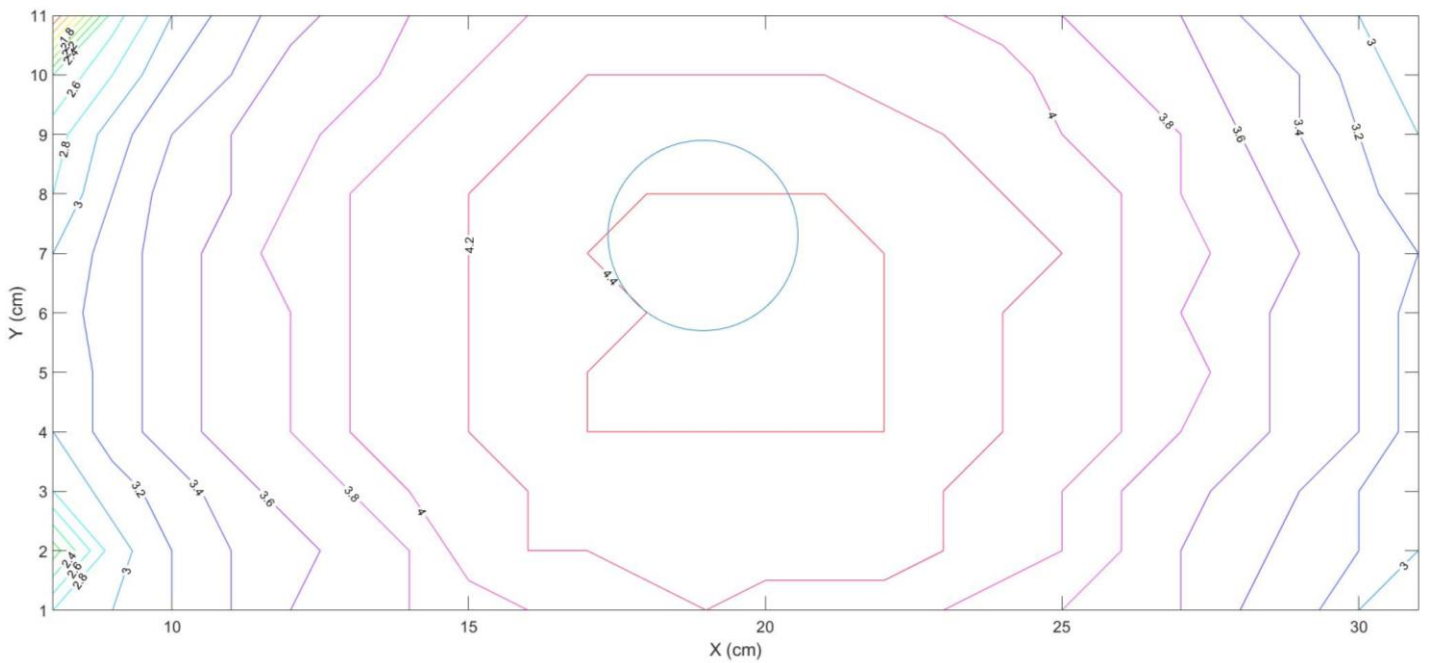


Figura 67 Quart escenari: Gràfica Contour. Mostra: Cilindre. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 611mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

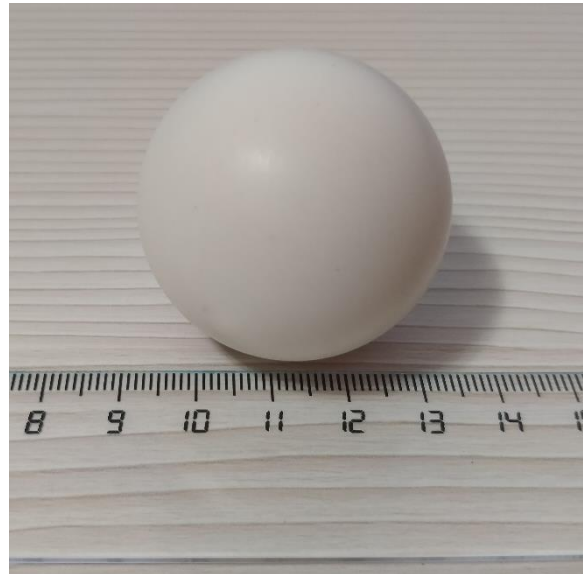
En tots els escenaris es pot apreciar una forma molt similar. En la sensibilitat 3, escenari 2 (figura 62 i 63) i escenari 4 (figura 66 i 67), els resultats estan més diluïts degut a la amplada del feix de so. Les 4 situacions mantenen una àrea arrodonida al voltant de la mostra.

Cal destacar que l'escenari 3 (figura 64 i 65) presenta una desviació positiva en l'eix Y, possiblement degut a un error durant l'assaig.

En conjunt el resultat es positiu, no s'aprecia la forma exacta però sí una bona aproximació.

#### 5.4 Assaig 4: Mesures sobre un volum esfèric

La mostra és una pilota de plàstic de ping-pong de aproximadament diàmetre 4cm.



*Figura 68 Objecte esfèric usat en els assajos.*

Es realitzaran els escenaris d'acord amb la figura 48.

##### 1.1.1 Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 471mm$ .

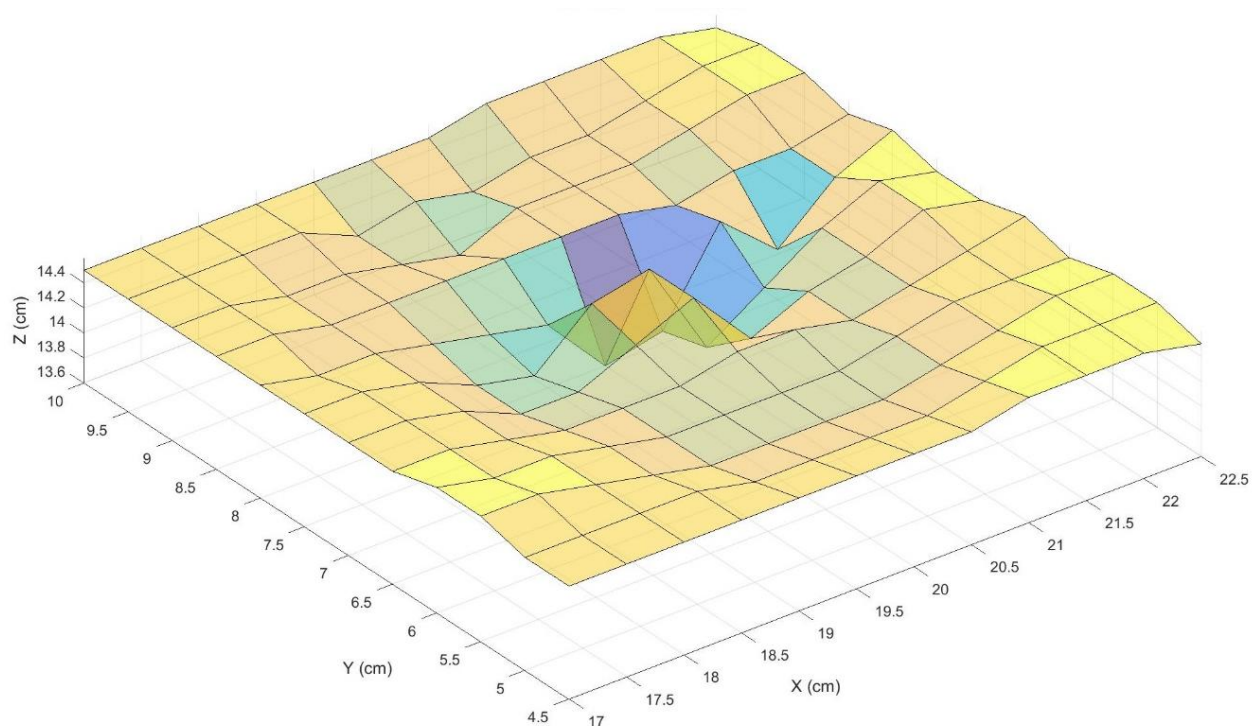


Figura 69 Primer escenari: Mostra: Element esfèric: pilota. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm.

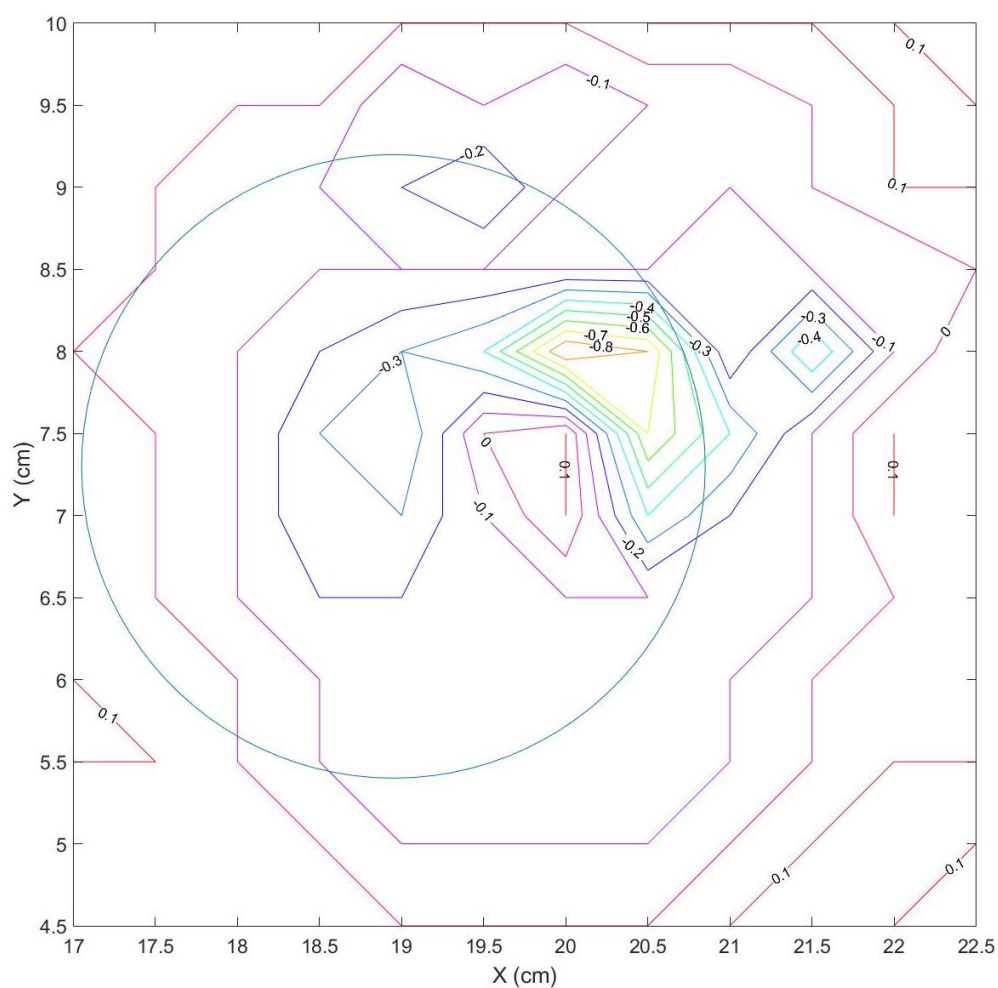


Figura 70 Primer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element esfèric: pilota. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm. (En blau) Perfil de la mostra original.



### 1.1.2 Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 465mm$ .

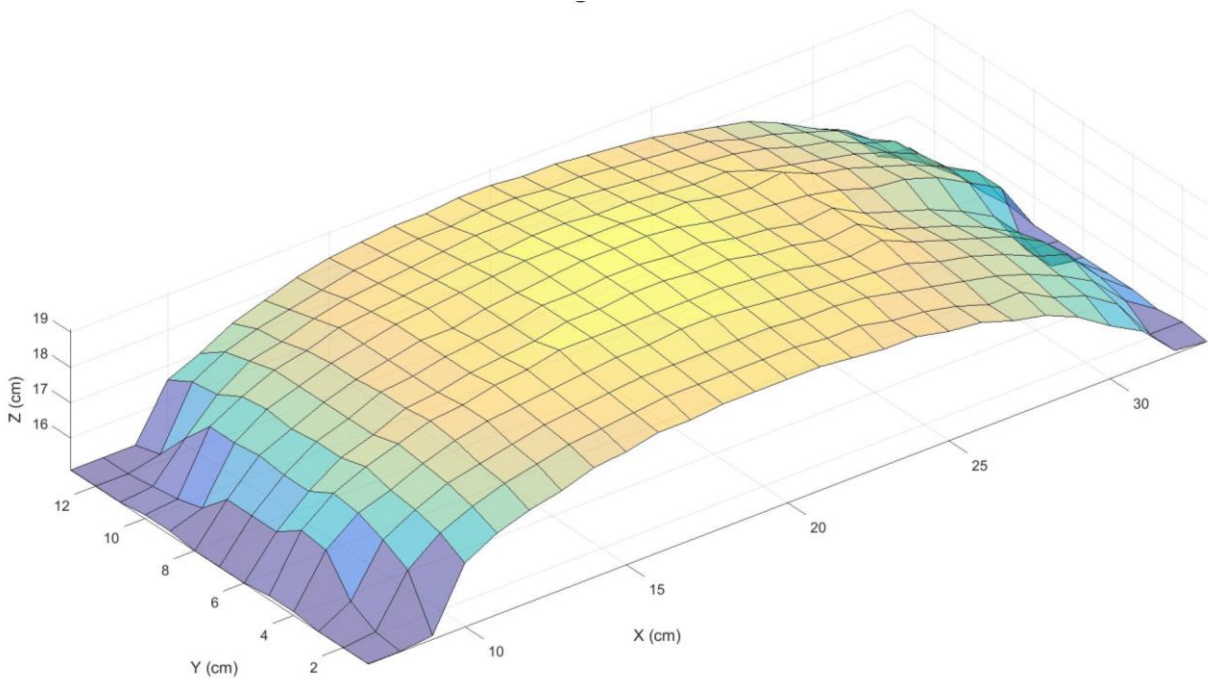


Figura 71 Segon escenari: Gràfica 3D. Mostra: Element esfèric: pilota. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 465mm.

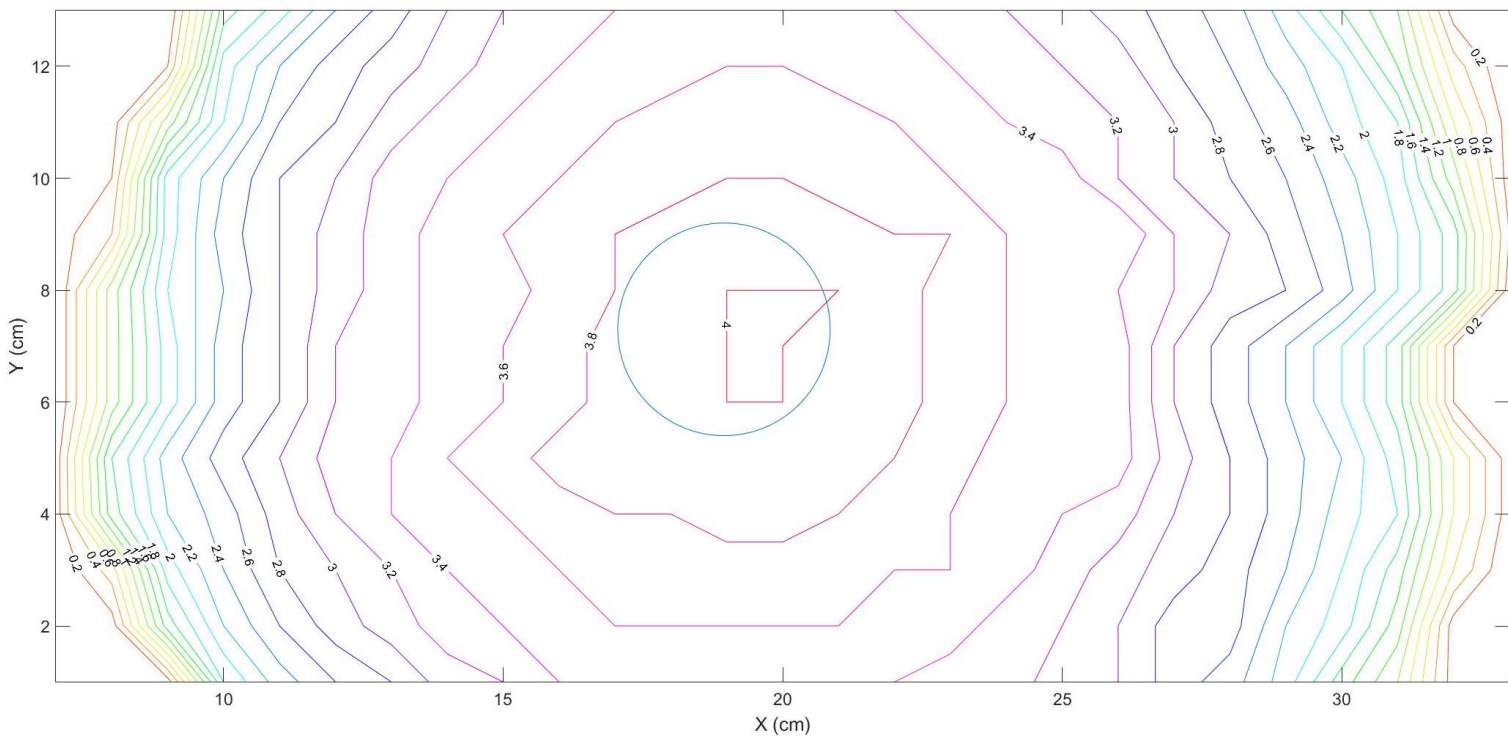


Figura 72 Segon escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element esfèric: pilota. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 465mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

### 1.1.3 Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 616mm$ .

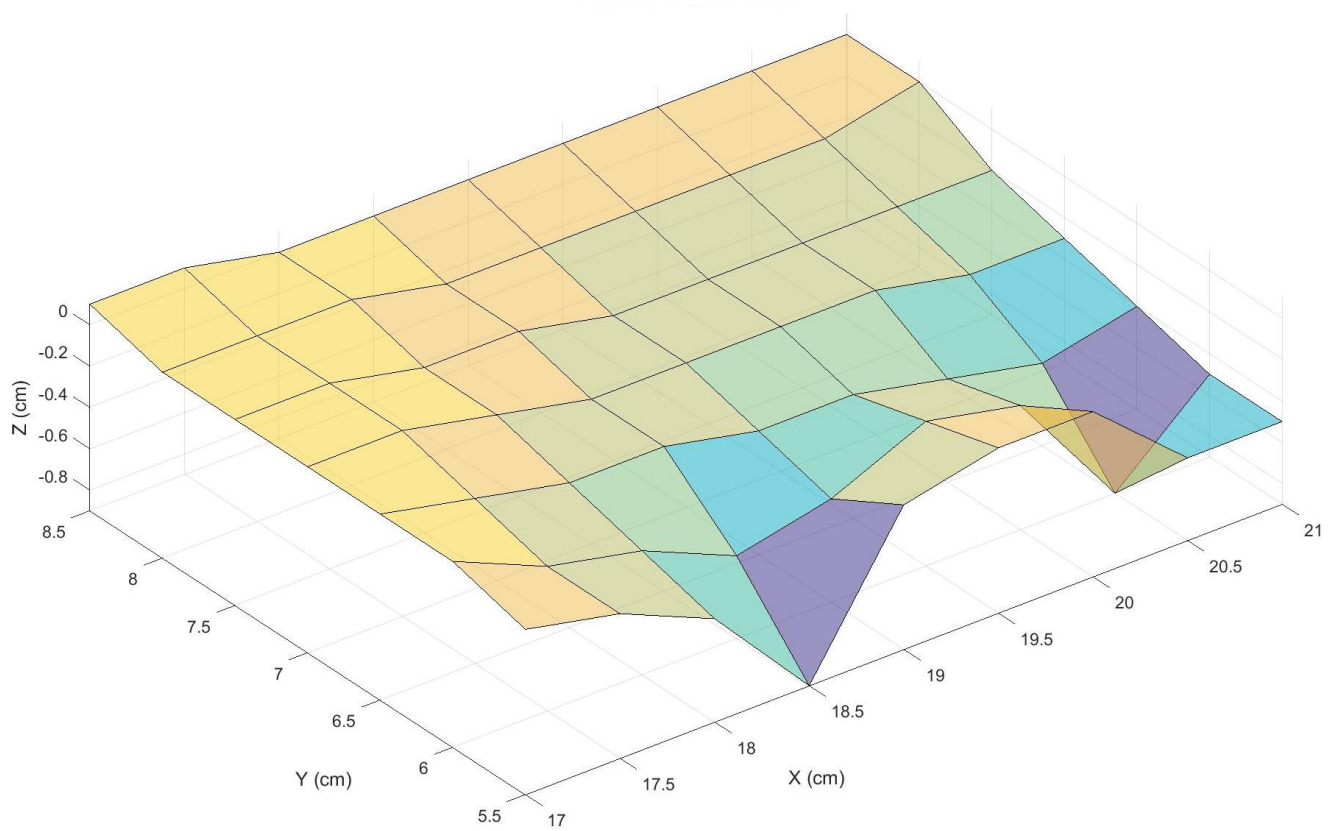


Figura 73 Tercer escenari: Gràfica 3D. Mostra: Element esfèric: pilota. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 616mm.

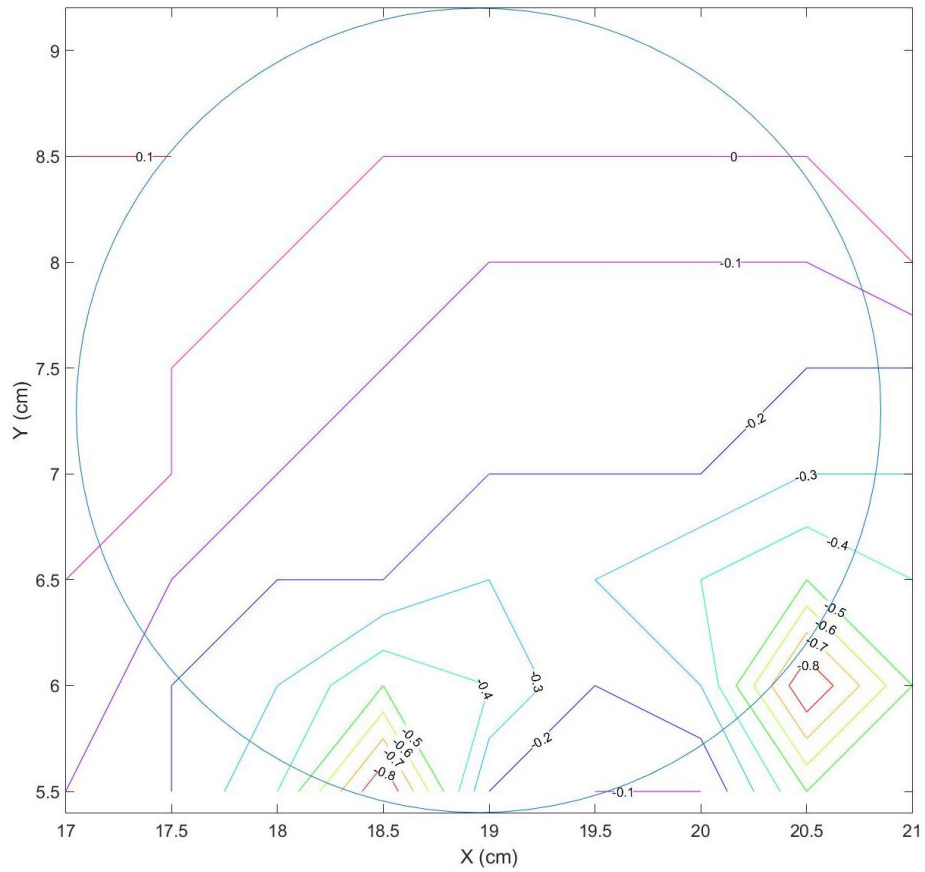


Figura 74 Tercer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element esfèric: pilota. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 616mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

#### 5.4.1 Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 608mm$ .

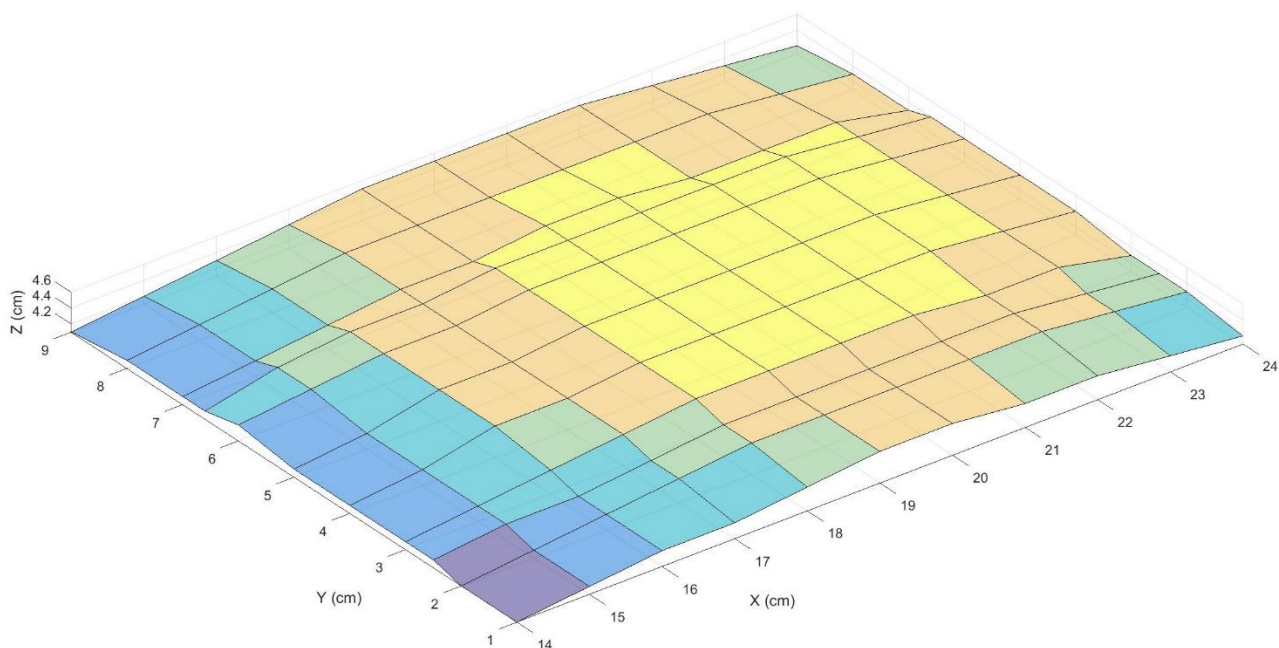


Figura 75 Quart escenari: Mostra: Element esfèric: pilota. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 608mm.

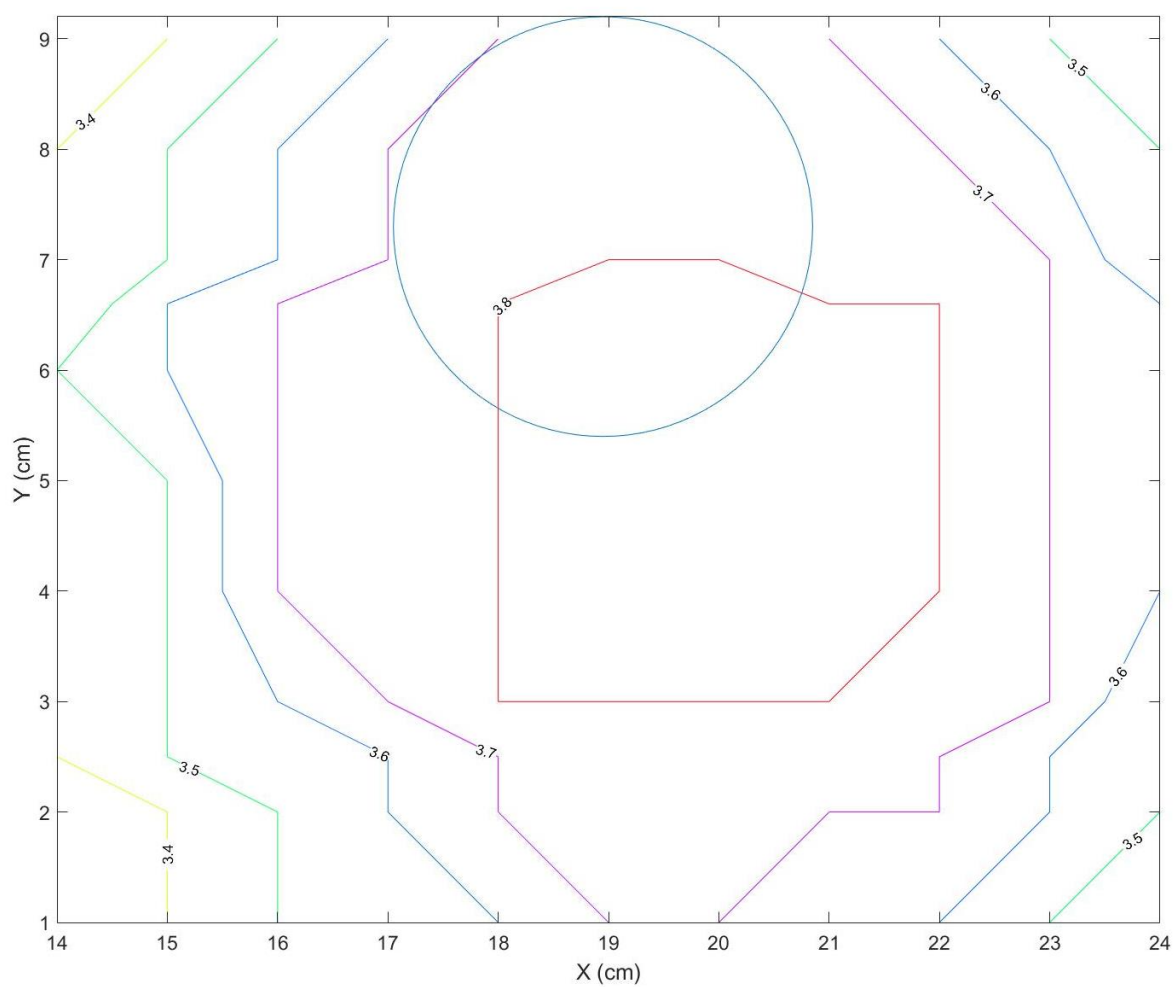


Figura 76 Quart escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element esfèric: pilota. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 608mm.  
(En blau) Perfil de la mostra original.



Tal i com s'observa a les imatges, en l'escenari 2 (Figura 71 i 72) s'aprecia una àrea circular que s'aproxima a la mostra, com es comú en aquesta sensibilitat, la mostra està diluïda en una superfície considerablement més gran. En canvi en l'escenari 4 (figura 75,76) la forma dista completament de la original, essent rectangular.

Ara bé els problemes es presenten en la sensibilitat 26, en el primer escenari (figura 69 i 70), la zona on suposadament es troba la pilota, es mostra més llunyana del sensor que la plataforma d'elevació, degut a la forma corba de la pilota que rebota el senyal.

En l'escenari 3 (figura 73 i 74) a causa d'una mala interpretació de les dades recollides, l'escombrat no està finalitzat. Es suposa que seguiria una tendència similar a l'escenari 1 (figura 69 i 70).

### 5.5 Assaig 6: Mesures sobre un volum aproximadament esfèric

Per tal de justificar els resultats anteriors es planteja la següent hipòtesis:

- Són els resultats desfavorables degut a les dimensions de la mostra? Podria una mostra més gran solucionar el problema?

Per la nova mostra s'ha escollit una taronja de diàmetre 7,5cm.



*Figura 77 s'ha utilitzat una Taronja com a element aproximadament esfèric.*

Es realitzaran els escenaris segons la figura 48.

#### 5.5.1 Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 484mm$ .

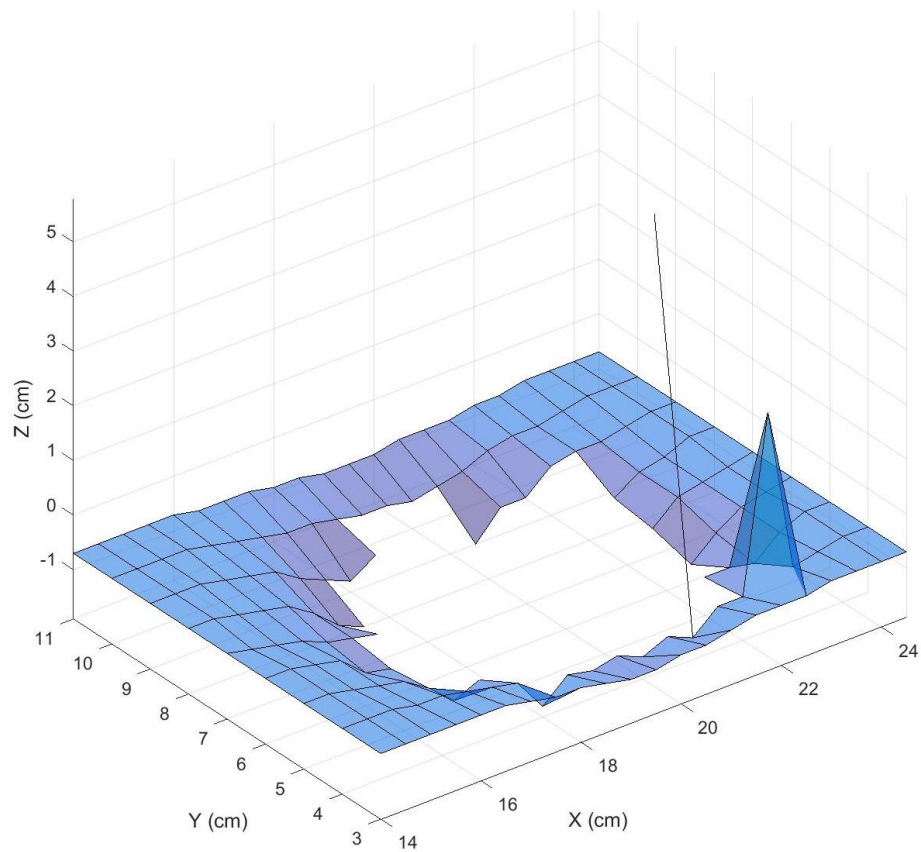


Figura 78 Primer escenari: sensibilitat 26. Mostra: Element esfèric: Taronja. Distància al sensor 484mm.

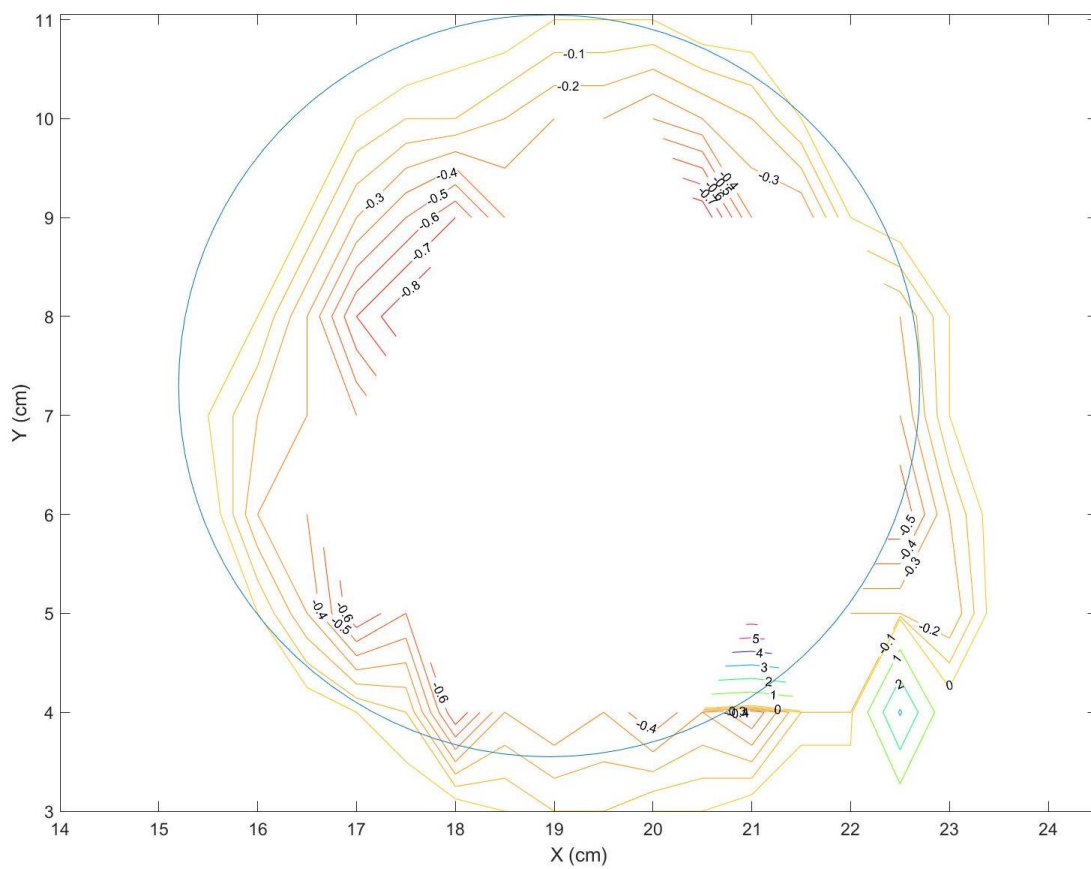


Figura 79 Primer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element esfèric: Taronja. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 484mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

### 5.5.2 Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 474mm$

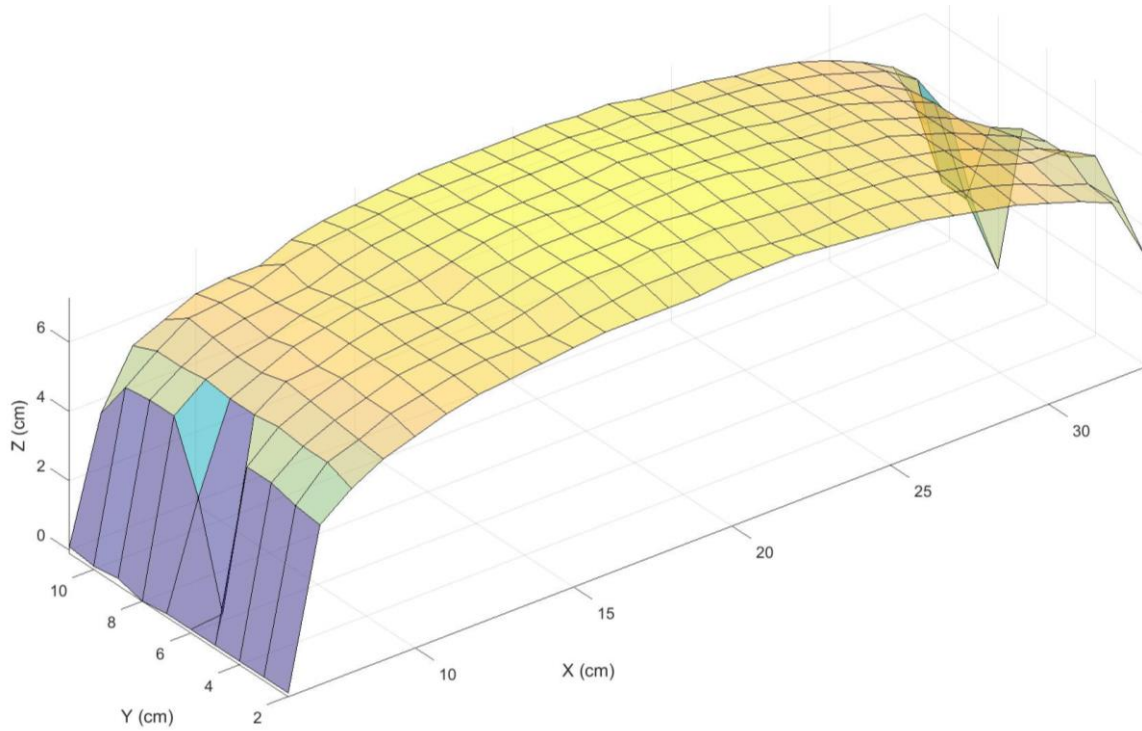


Figura 80 Segon escenari: Mostra: Element esfèric: Taronja. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 474mm.

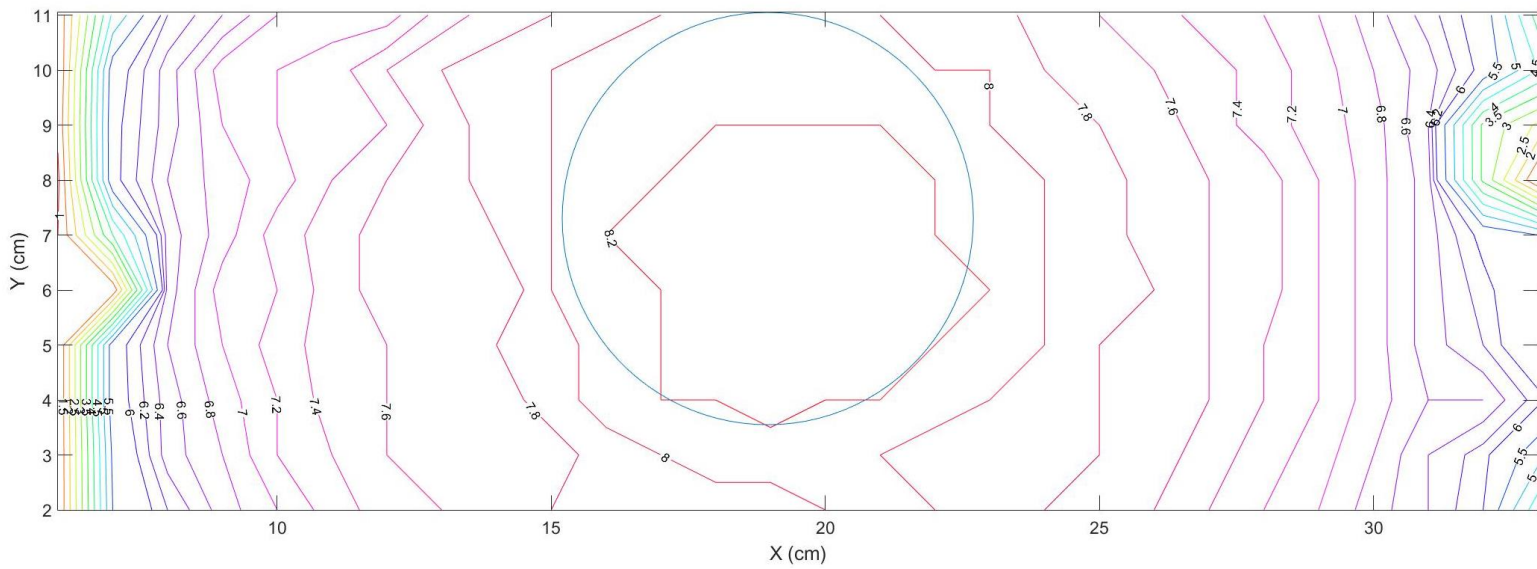


Figura 81 Segon escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element esfèric: Taronja. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 474mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

### 5.5.3 Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 616mm$

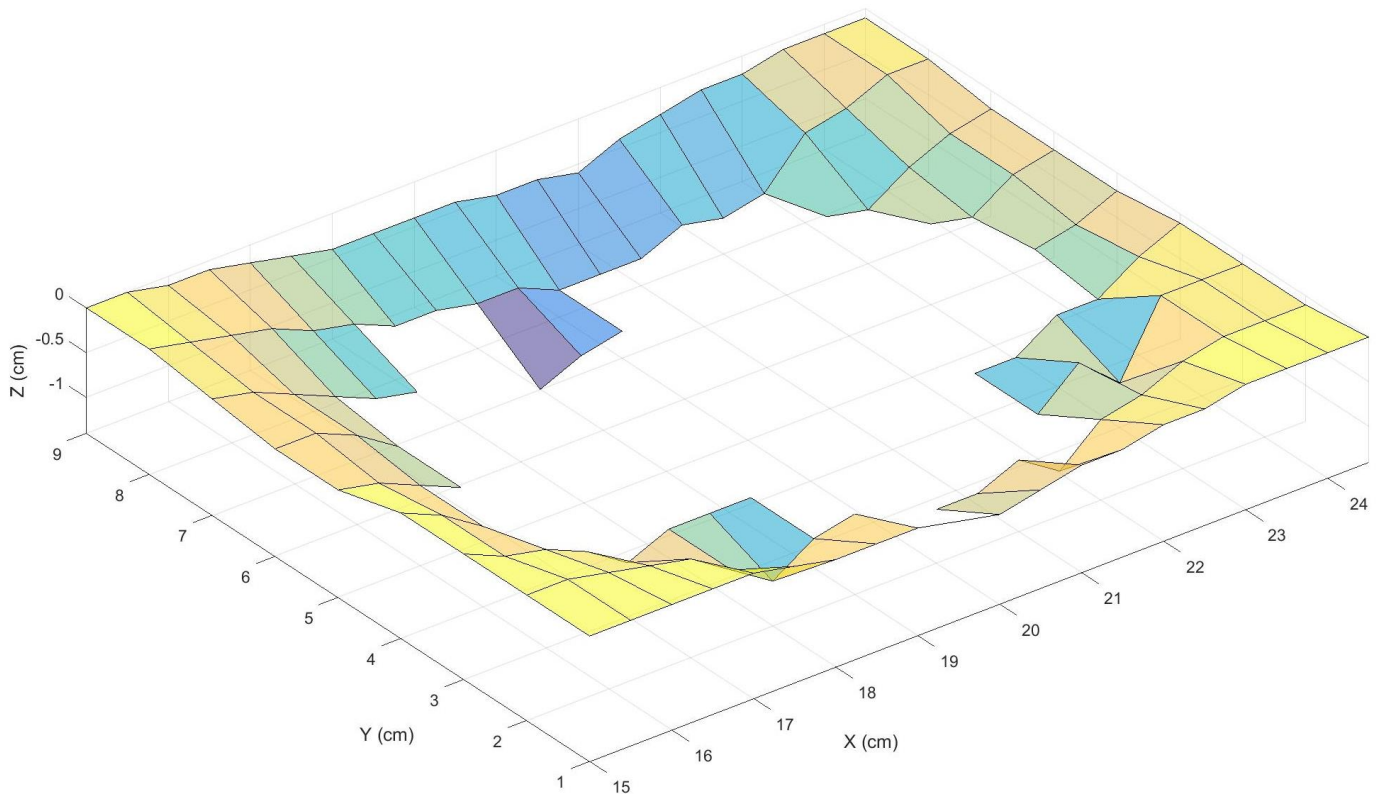


Figura 82 Tercer escenari: Mostra: Element esfèric: Taronja. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 616mm.

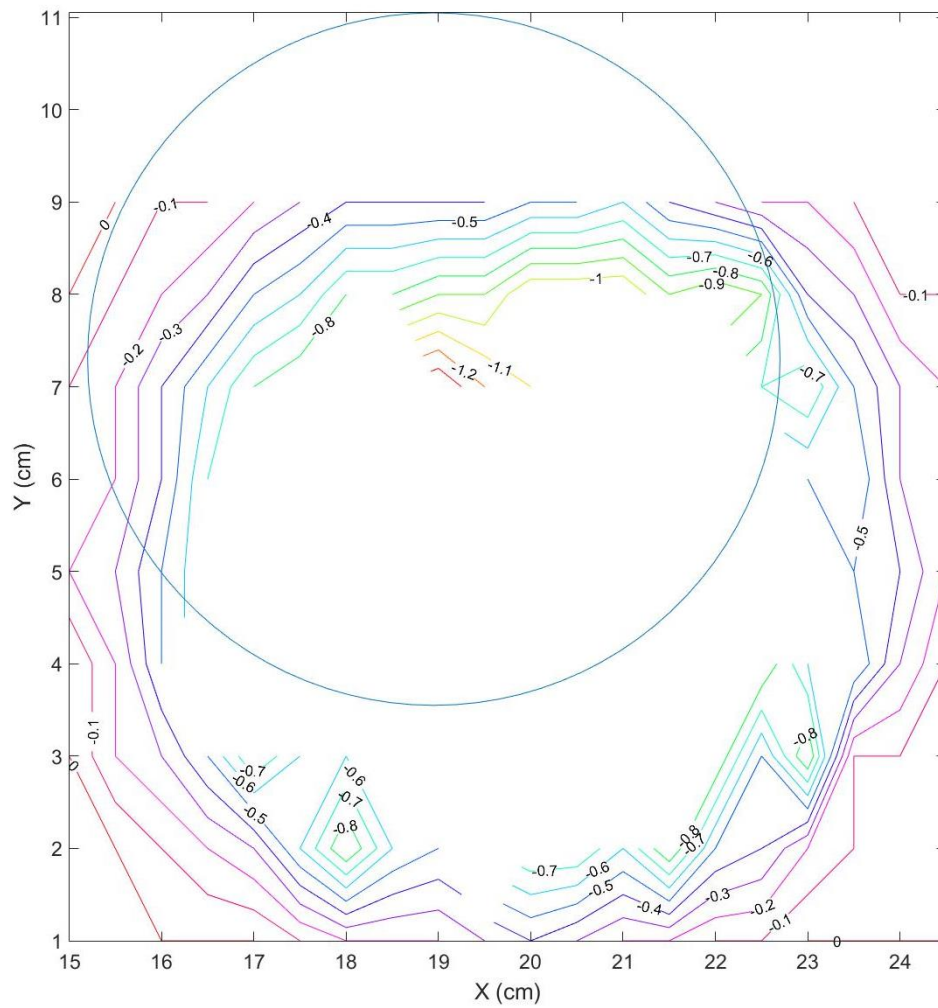


Figura 83 Tercer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element esfèric: Taronja. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 616mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

#### 5.5.4 Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 608mm$ .



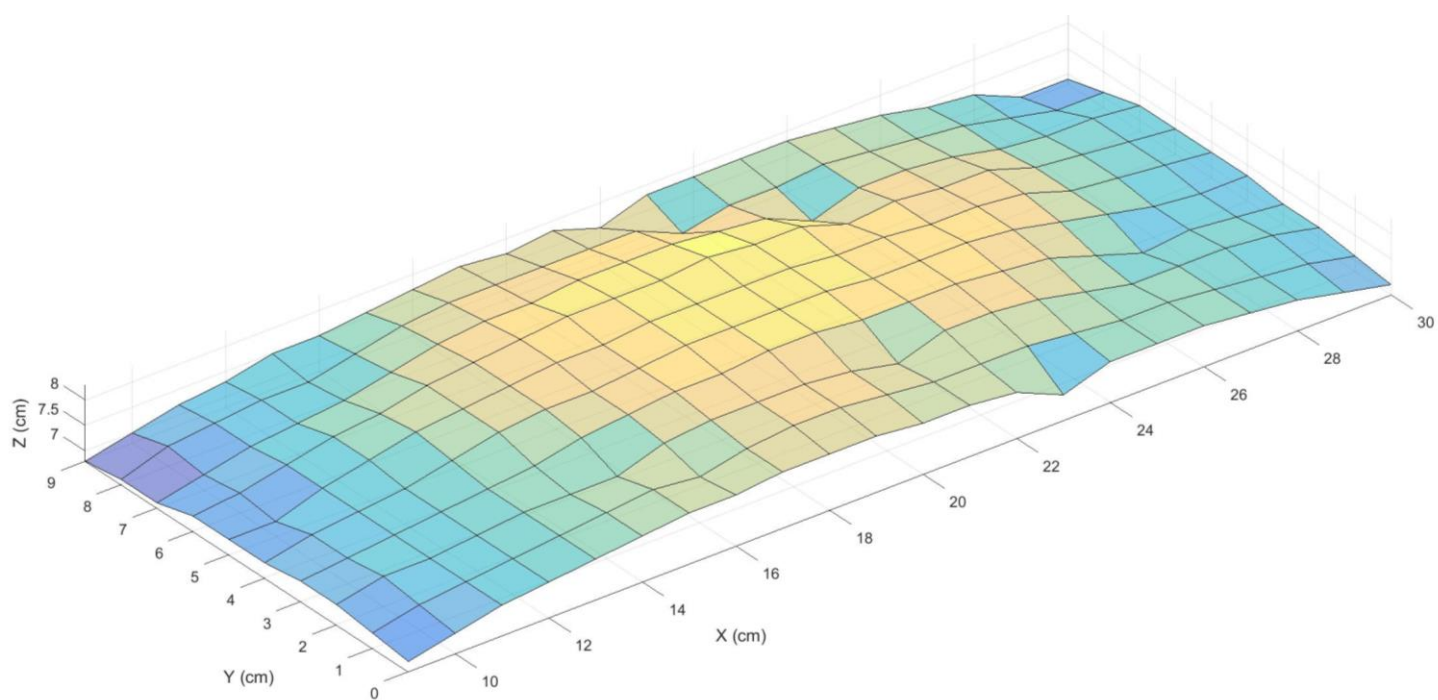


Figura 84 Quart escenari: Mostra: Element esfèric: Taronja. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 608mm.

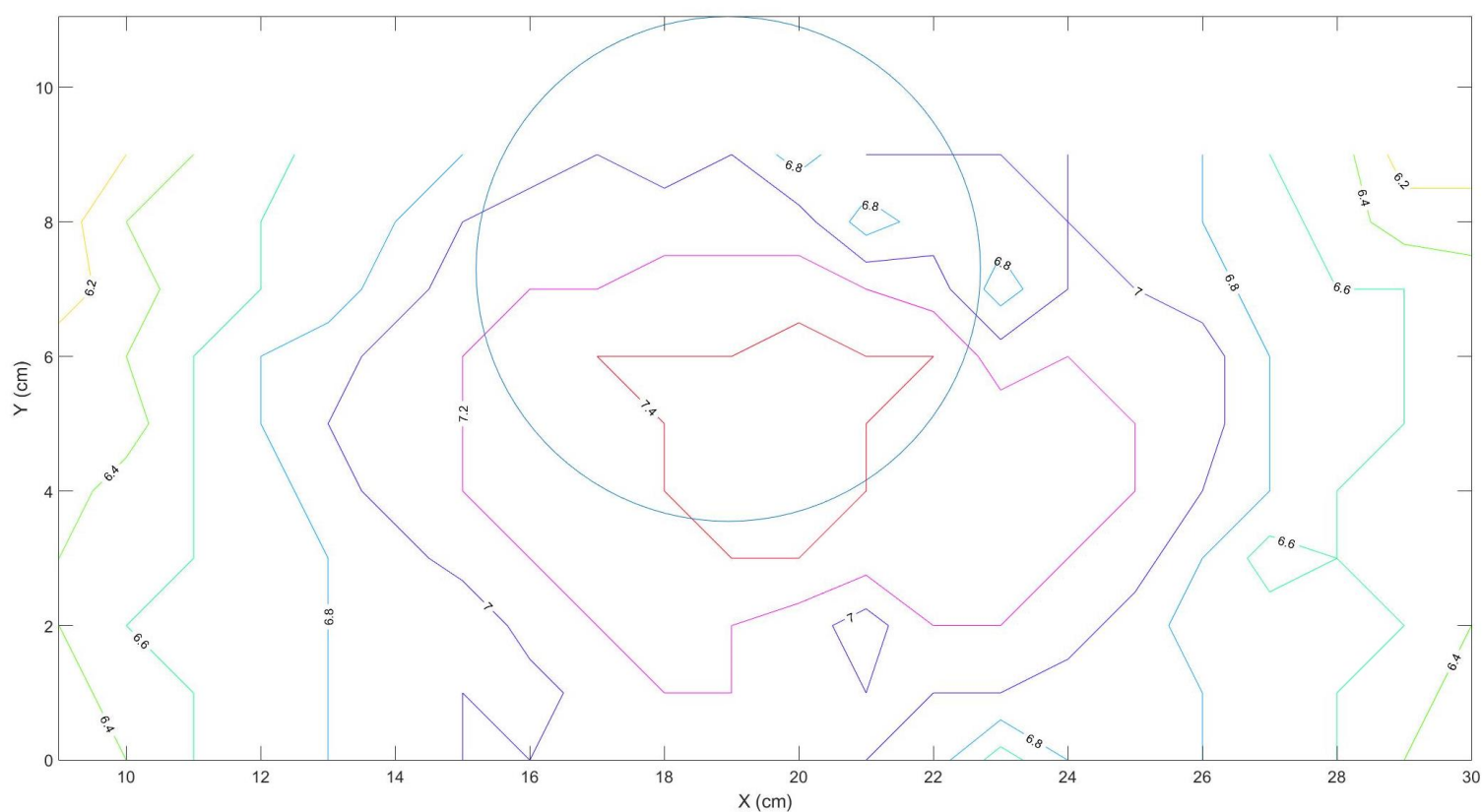


Figura 85 Quart escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element esfèric: Taronja. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 608mm. (En blau) Perfil de la mostra original.

La sensibilitat 3 (Figura 80,81,84,85), al igual que amb la pilota, ha donat el resultat esperat. Una forma circular diluïda en el llarg de la plataforma.

Ara bé en la sensibilitat 26 (Figura 82,83,78,79), allà on es troba la taronja, ha donat error de lectura (espais buits). Sabent que al sensor d'ultrasons, no l'hi afecta el color ni el material de la mostra, el resultat s'atribueix a la forma, essent aquesta responsable de fer rebotar el senyal de manera que no torna al sensor.

Com a conclusió es pot afirmar que els elements esfèrics son un inconvenient important per al sensor.

### 5.6 Assaig 7: Mesures sobre un volum tronco-cònic

Per aquest estudi s'ha usat un vas de diàmetre major 7,5cm, diàmetre menor 4,6cm i d'altura 9,5 cm aproximadament.



*Figura 86 Objecte amb un volum tronco-cònic: Vas.*

Es realitzaran els mateixos escenaris que en els estudis anteriors.

#### 5.6.1 Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 484mm$ .

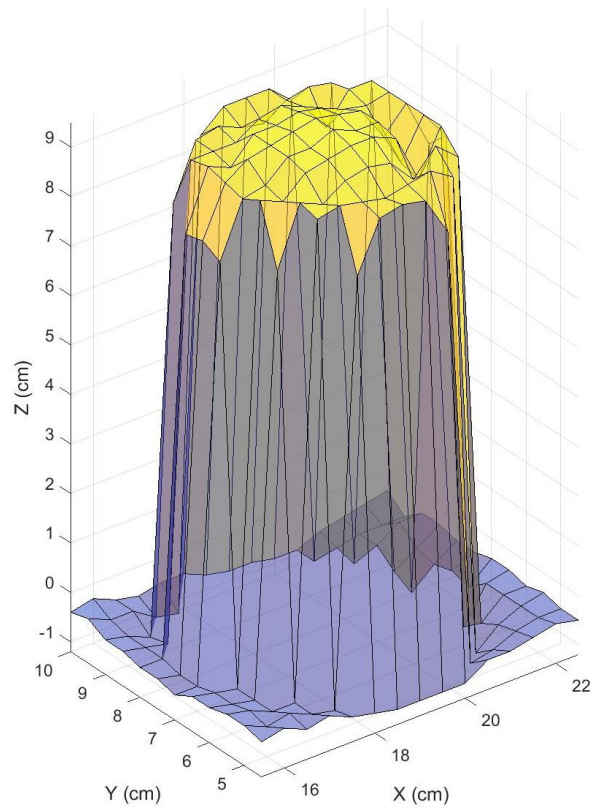


Figura 87 Primer escenari: Mostra: Element Cilindric: Vas. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 474mm.

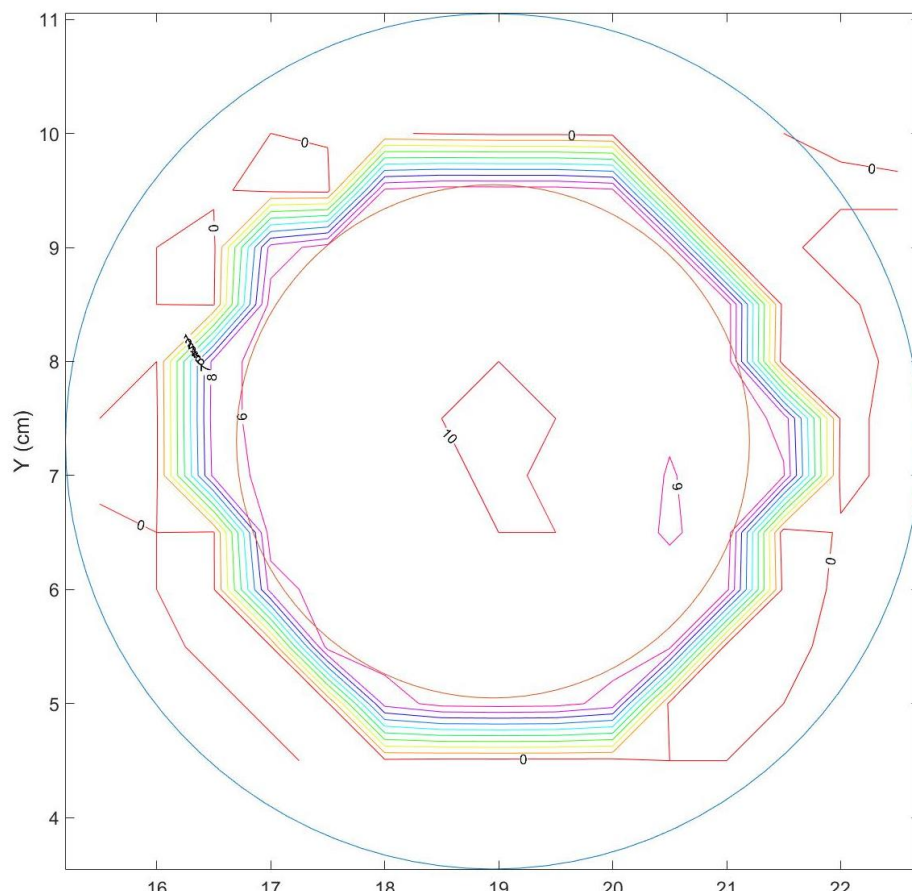


Figura 88 Primer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element Cilindric: Vas. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 474mm. (En blau) Perfil del diàmetre major de la mostra original. (En roig) Perfil del diàmetre menor de la mostra original.



### 5.6.2 Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 465\text{mm}$ .

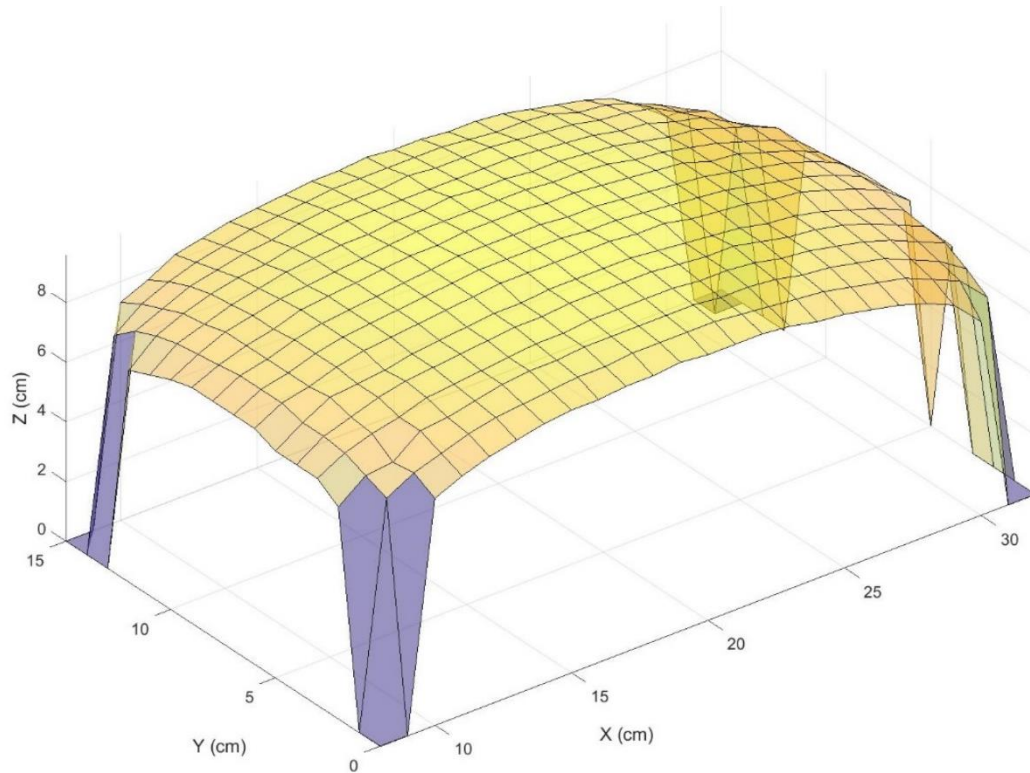


Figura 89 Segon escenari: Gràfica 3D. Mostra: Element Cilíndric: Vas. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 465mm.

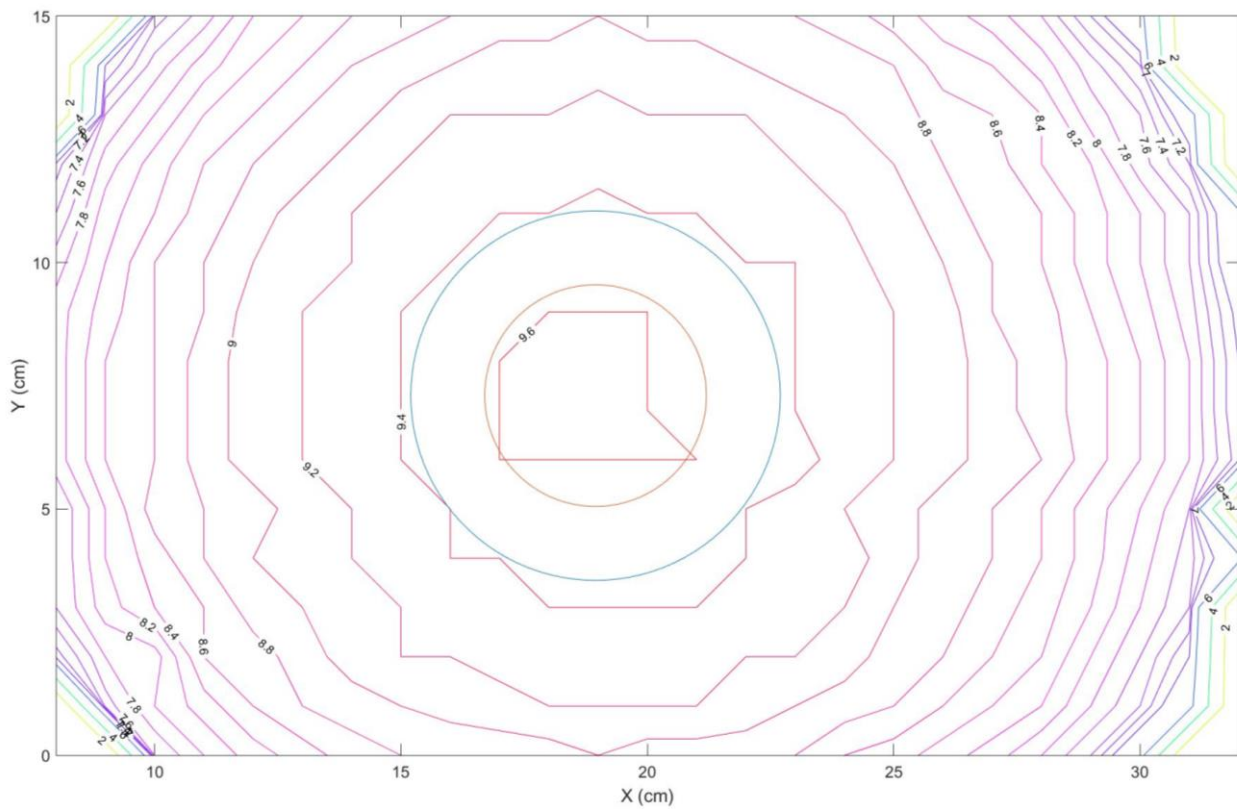


Figura 90 Segon escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element Cilíndric: Vas. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 465mm. (En blau) Perfil del diàmetre major de la mostra original. (En roig) Perfil del diàmetre menor de la mostra original.

### 5.6.3 Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 616mm$ .

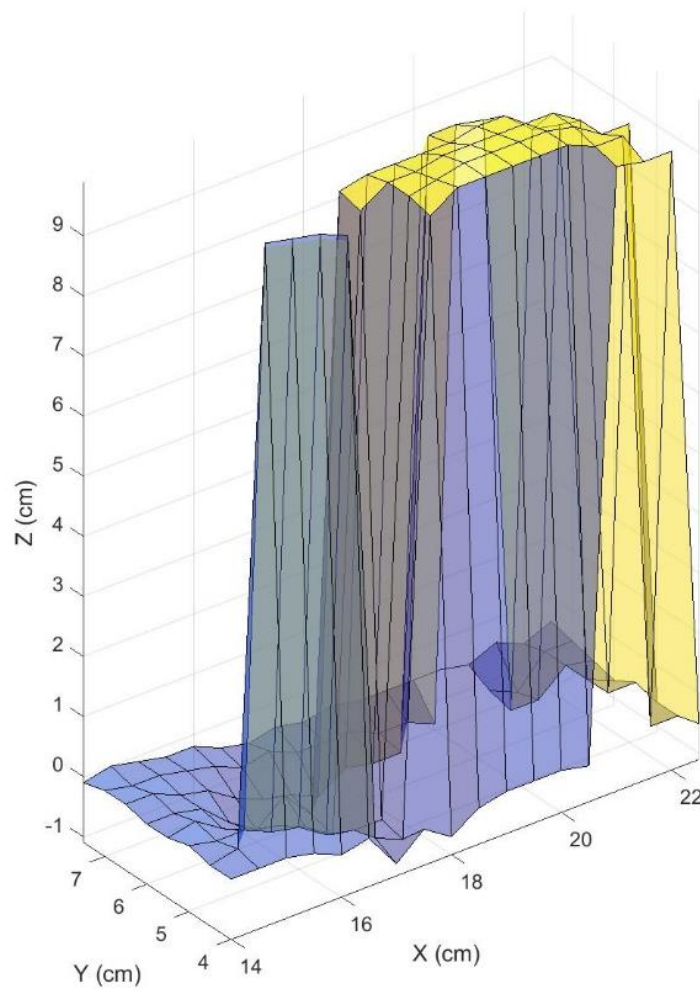


Figura 91 Tercer escenari: Mostra: Element Cilíndric: Vas. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 616mm.

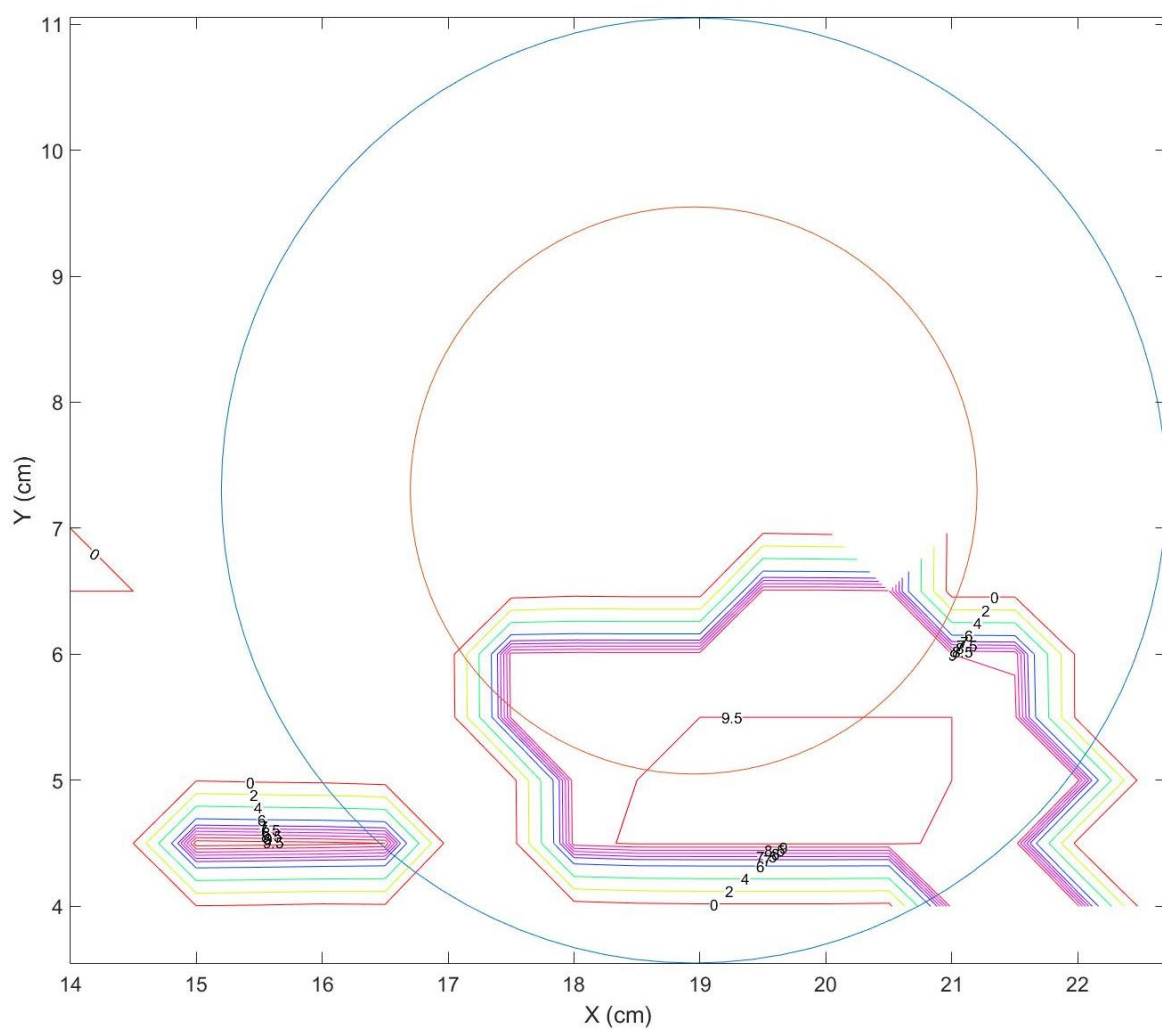


Figura 92 Tercer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element Cilíndric: Vas. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 616mm. (En blau) Perfil del diàmetre major de la mostra original. (En roig) Perfil del diàmetre menor de la mostra original.

#### 5.6.4 Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 608mm$ .

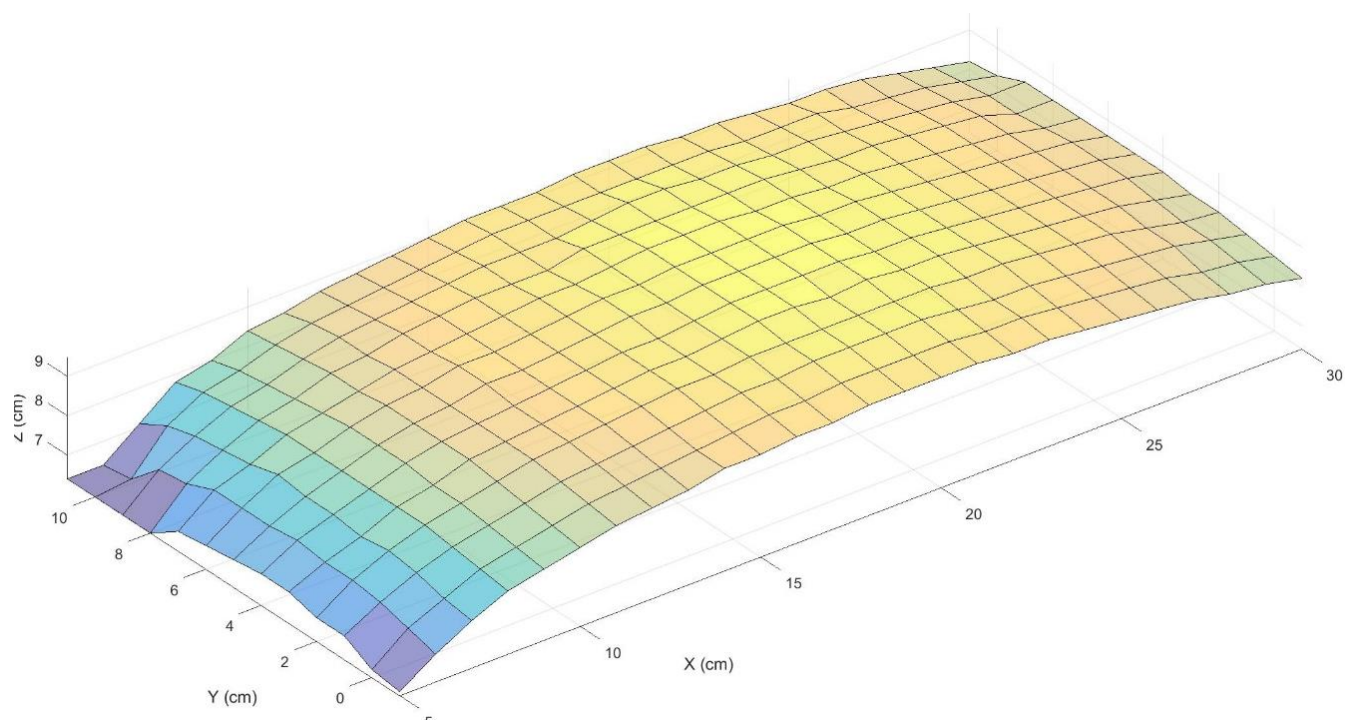


Figura 93 Quart escenari: Mostra: Element Cilindric: Vas. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 608mm.

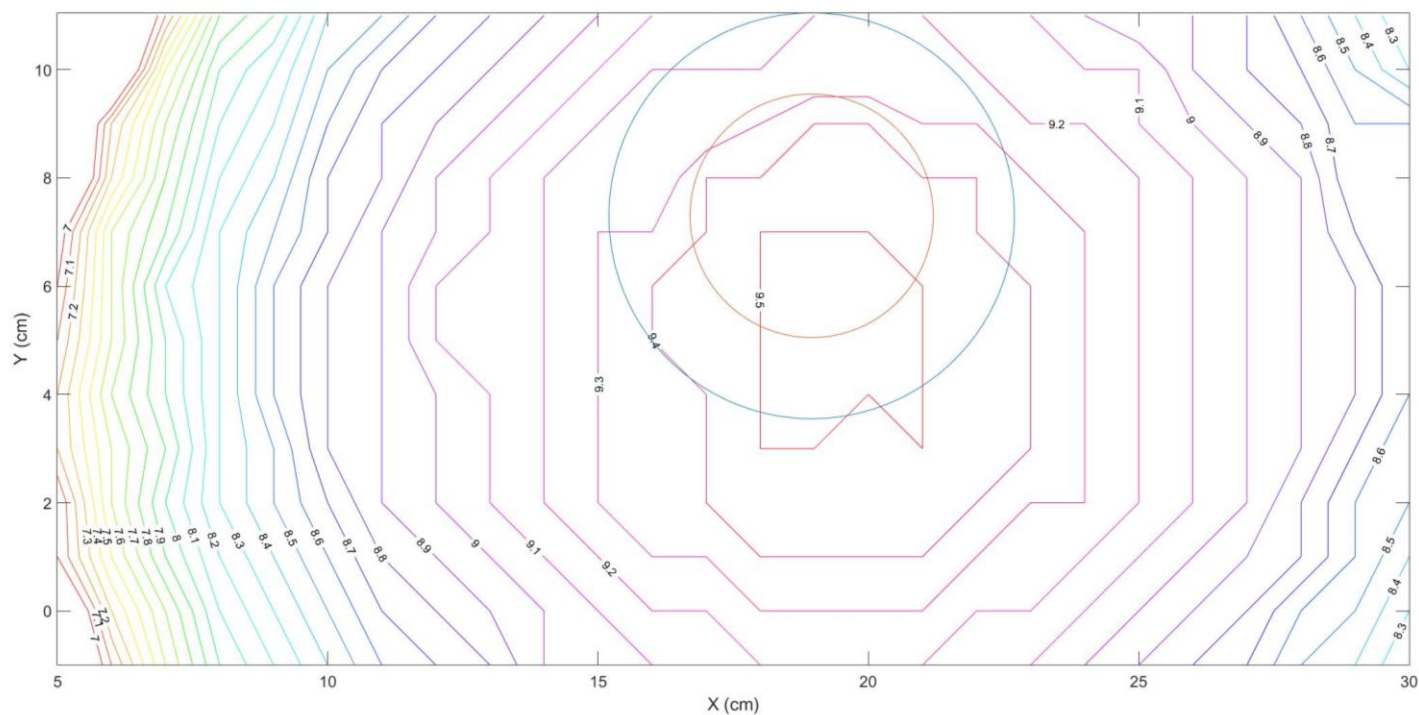


Figura 94 Quart escenari: Gràfica Contour. Mostra: Element Cilindric: Vas. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 608mm. (En blau) Perfil del diàmetre major de la mostra original. (En roig) Perfil del diàmetre menor de la mostra original.

El got presenta una forma còncava, el diàmetre varia al llarg de la mostra essent la part inferior més gran que en la superior.

Amb sensibilitat 3 (Figura 93,94,89,90), el sensor detecta àmpliament la mostra. La gràfica de "Contour" revela una forma circular al voltant del got. Mentre que en la sensibilitat 26 (figura



87,88), el sensor ha detectat el got en la part superior, això explica que les mesures estiguin dins del cercle més petit. El feix més estret del sensor no detecta la part més ampla de la peça perquè sempre detecta amb anterioritat la part superior d'aquesta.

Com a observació comentar que, tot i trobar-se l'escenari 4 (figura 94) en la mateixa posició que els 2 primers estudis (Foto 88 i Foto 90) el resultat està desplaçat positivament en l'eix Y.

L'escenari 3 (Figura 91,92) no es pot analitzar ja que presenta un error en la presa de mesures.

## 5.7 Assaig 8: Mesures en un esglaó

Com a mostra per aquesta prova s'ha utilitzat un paquet nou de folis A4 de 500uds.

### 5.7.1 Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 471mm$ .

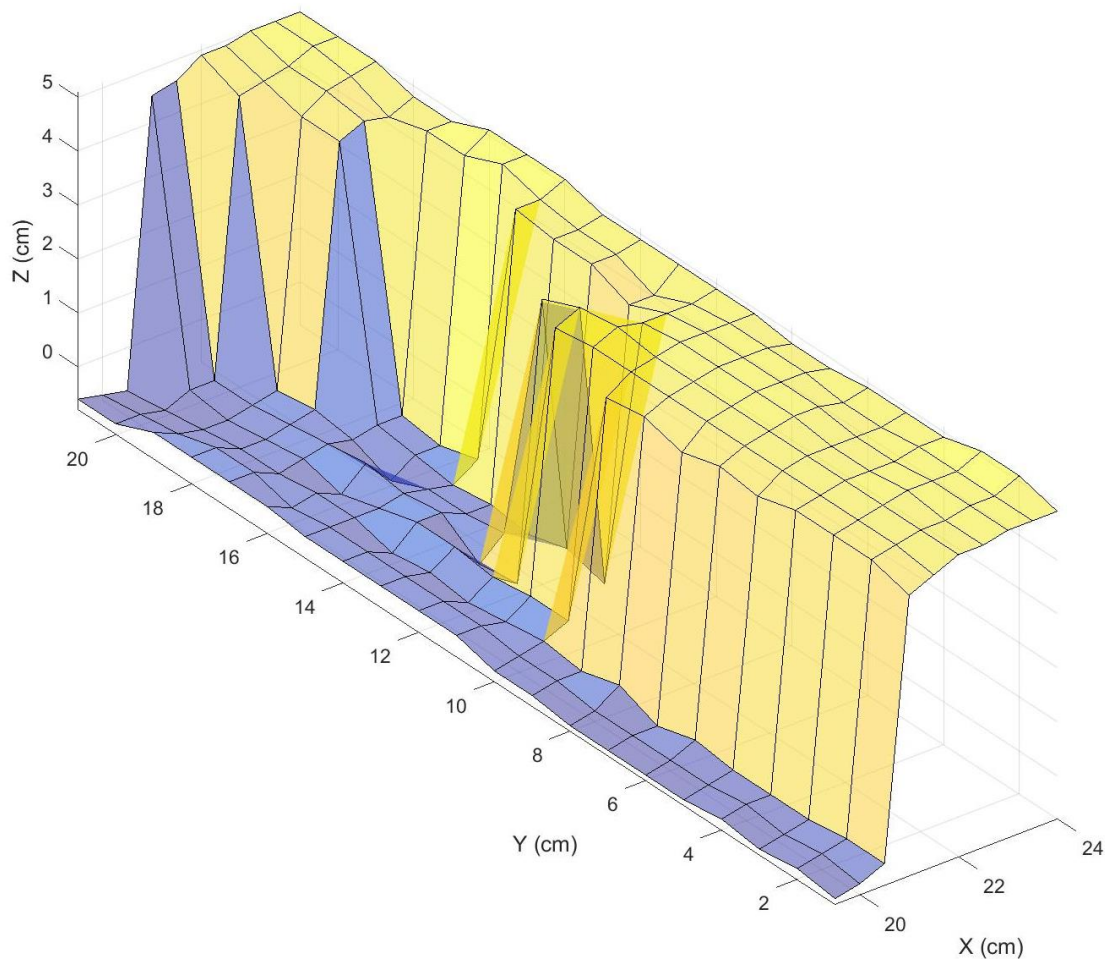


Figura 95 Primer escenari: Mostra: Esglaó. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm.

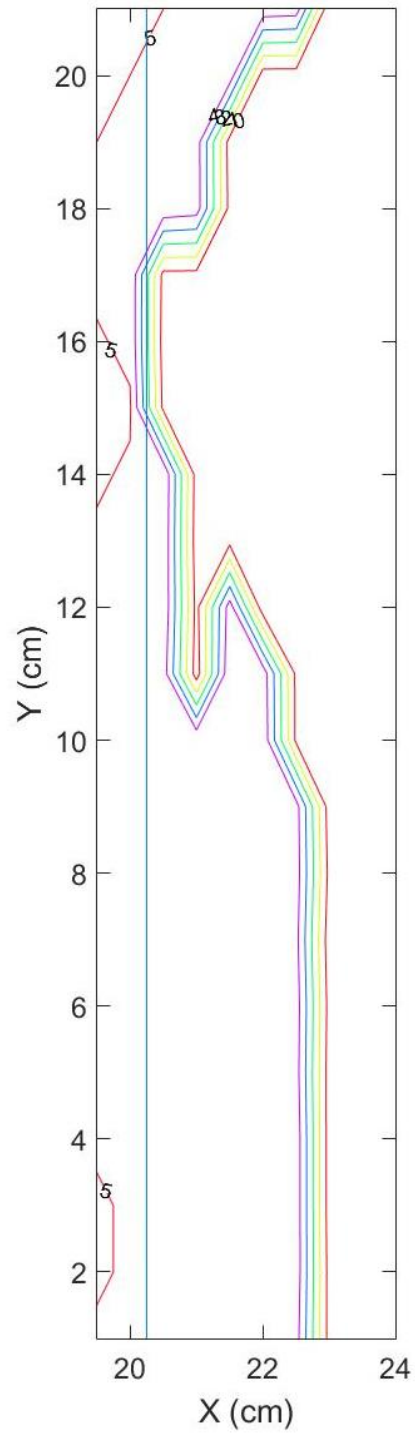


Figura 96 Primer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Esglaó. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 471mm. La línia blava ressalta el punt de canvi de nivell real.

#### 5.7.2 Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 465mm$ .

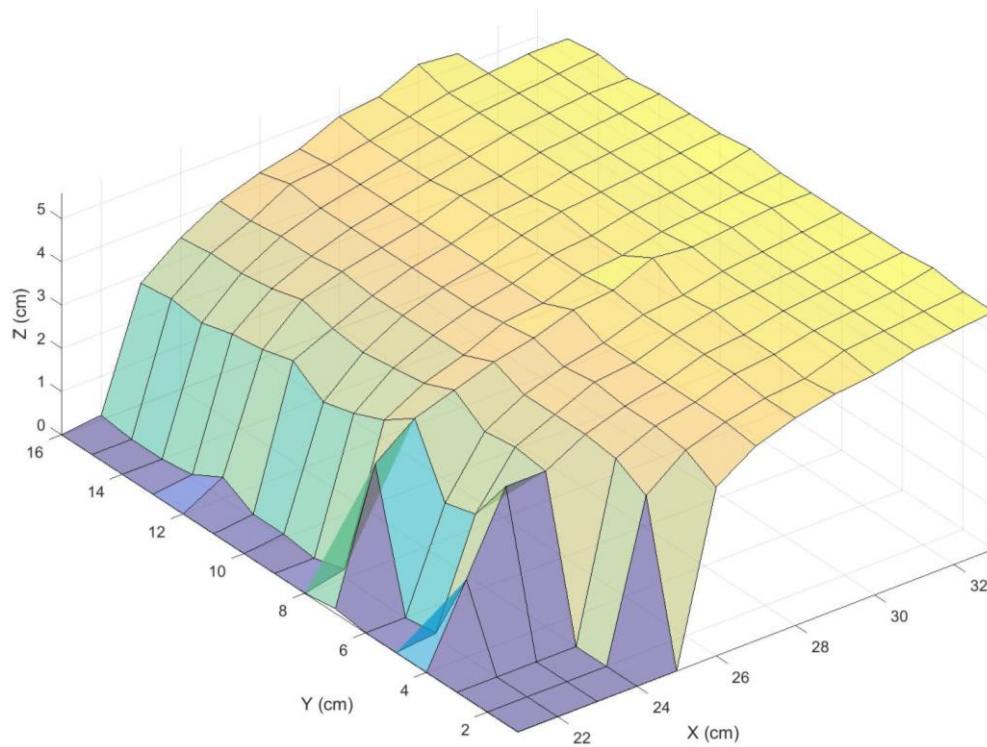


Figura 97 Segon escenari: Mostra: Es glaó. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 465mm.

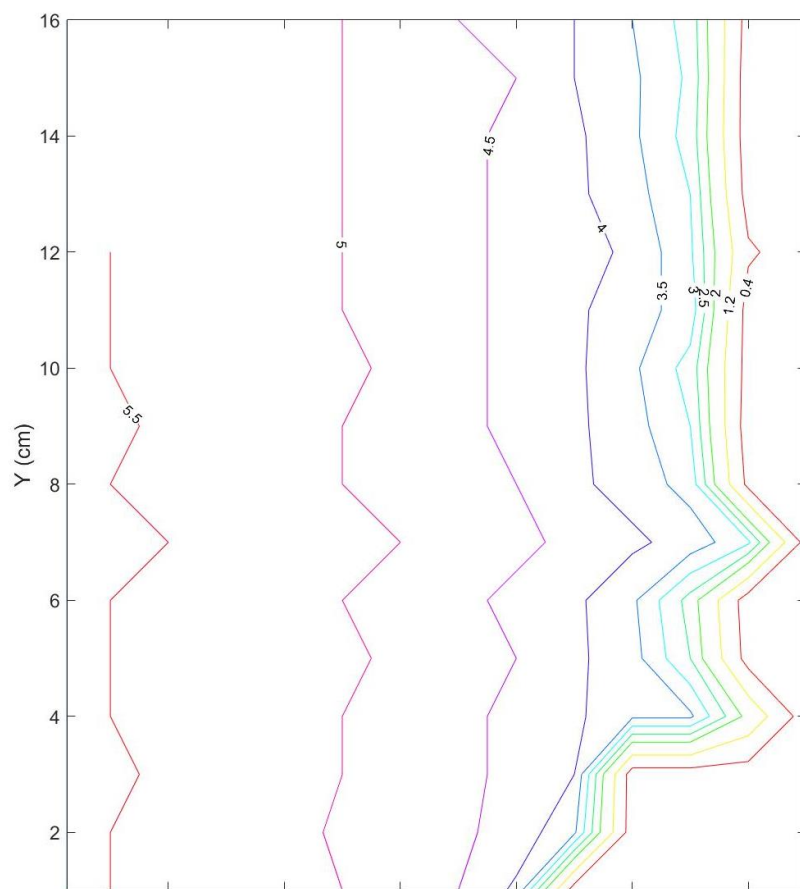


Figura 98 Segon escenari: Gràfica Contour. Mostra: Es glaó. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 465mm. La línia blava ressalta el punt de canvi de nivell real.



### 5.7.3 Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 613mm$

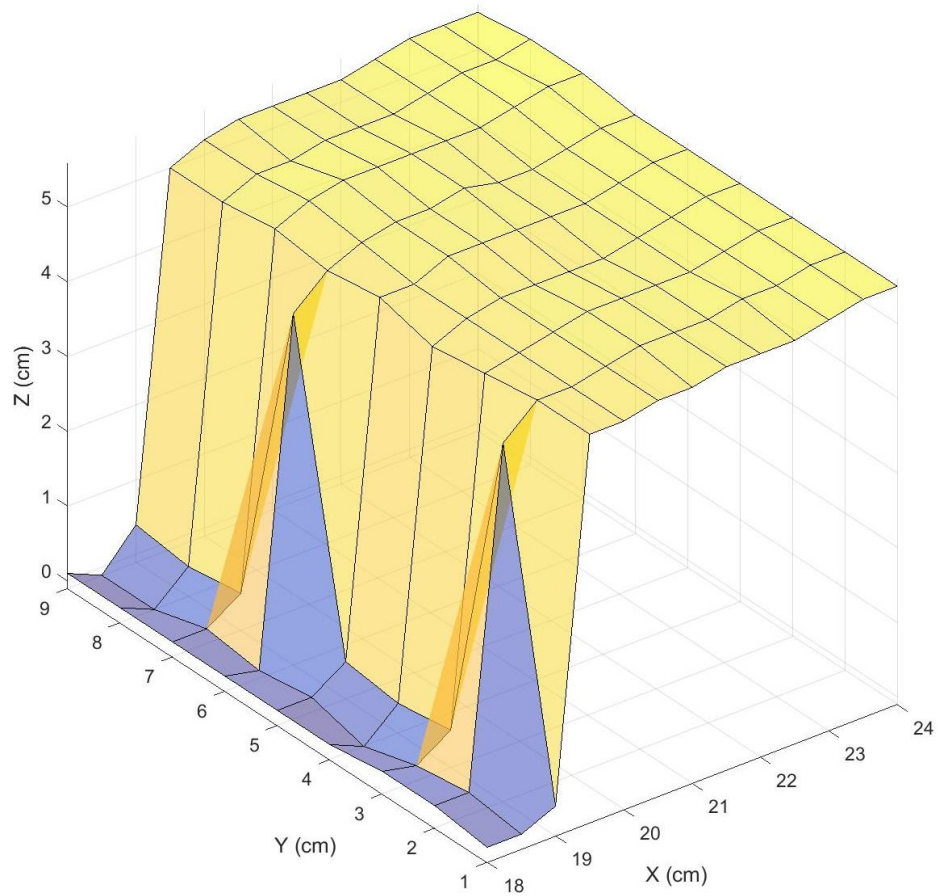


Figura 99 Tercer escenari: Mostra: Esclaó. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 613mm.

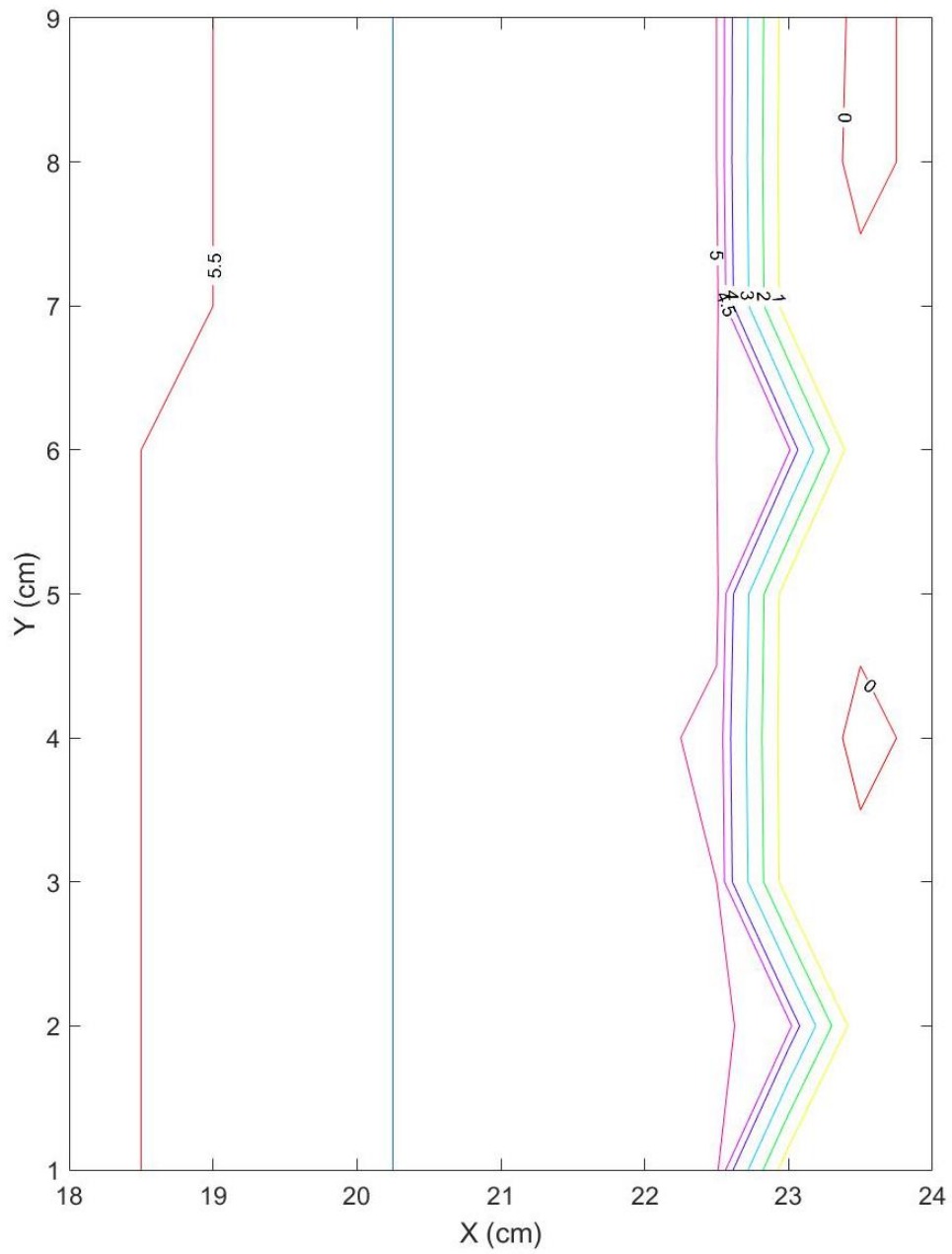


Figura 100 Tercer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Esplaó. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 613mm. La línia blava ressalta el punt de canvi de nivell real.

#### 5.7.4 Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 610mm$

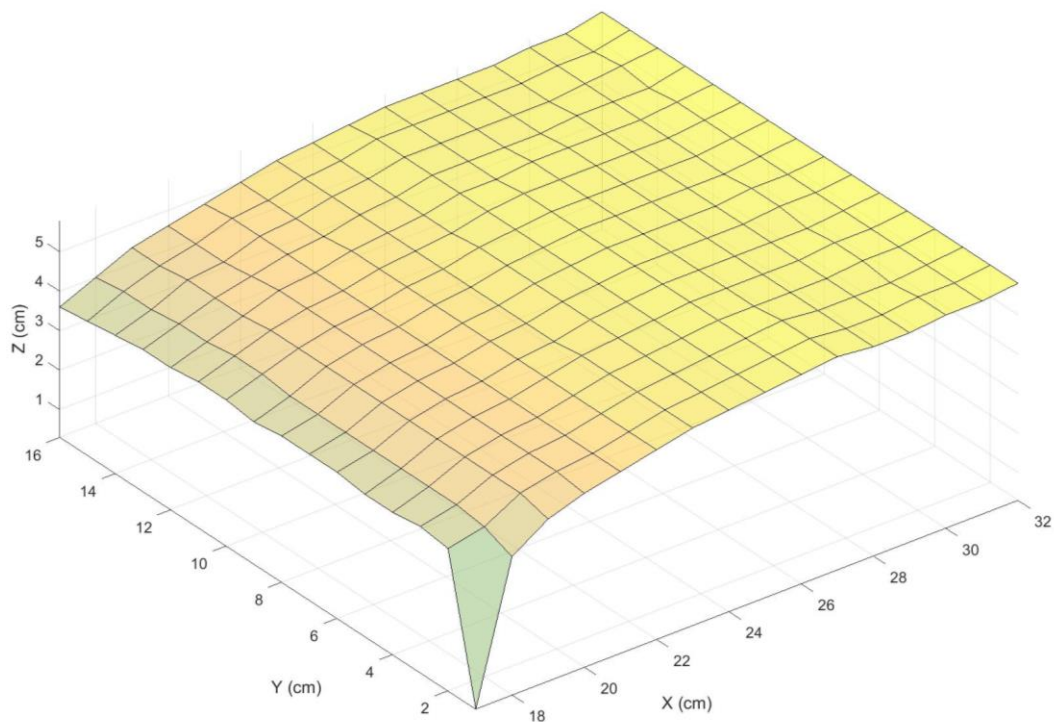


Figura 101 Quart escenari: Mostra: Es glaó. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 610mm.

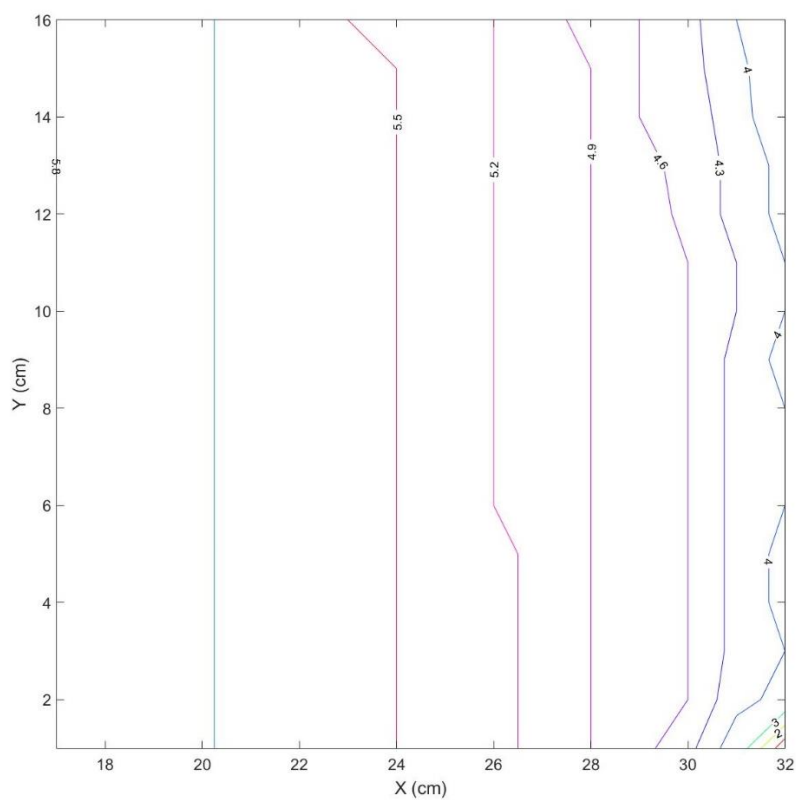


Figura 102 Quart escenari: Gràfica Contour. Mostra: Es glaó. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 610mm. La línia blava resalta el punt de canvi de nivell real.

El resultat del esglaó s'assembla al de la mostra cúbica. El sensor no es capaç de detectar una aresta, donat que el feix de so és un con que tot i regular la seva amplitud, té una amplada considerable. Això provoca que on hauria de detectar terra, detecta la mostra.

### 5.8 Assaig 9: Mesures sobre un conjunt d'objectes aproximadament esfèrics

Per la realització d'aquests assajos s'ha pres com a mostra una caixa plena de pomes que simulen un conjunt d'elements casi esfèrics.



Figura 103 Mostra pomes (I)



Figura 104 Mostra pomes (II)

#### 5.8.1 Primer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 652mm$ .

#### 5.8.2 Segon escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 652mm$ .

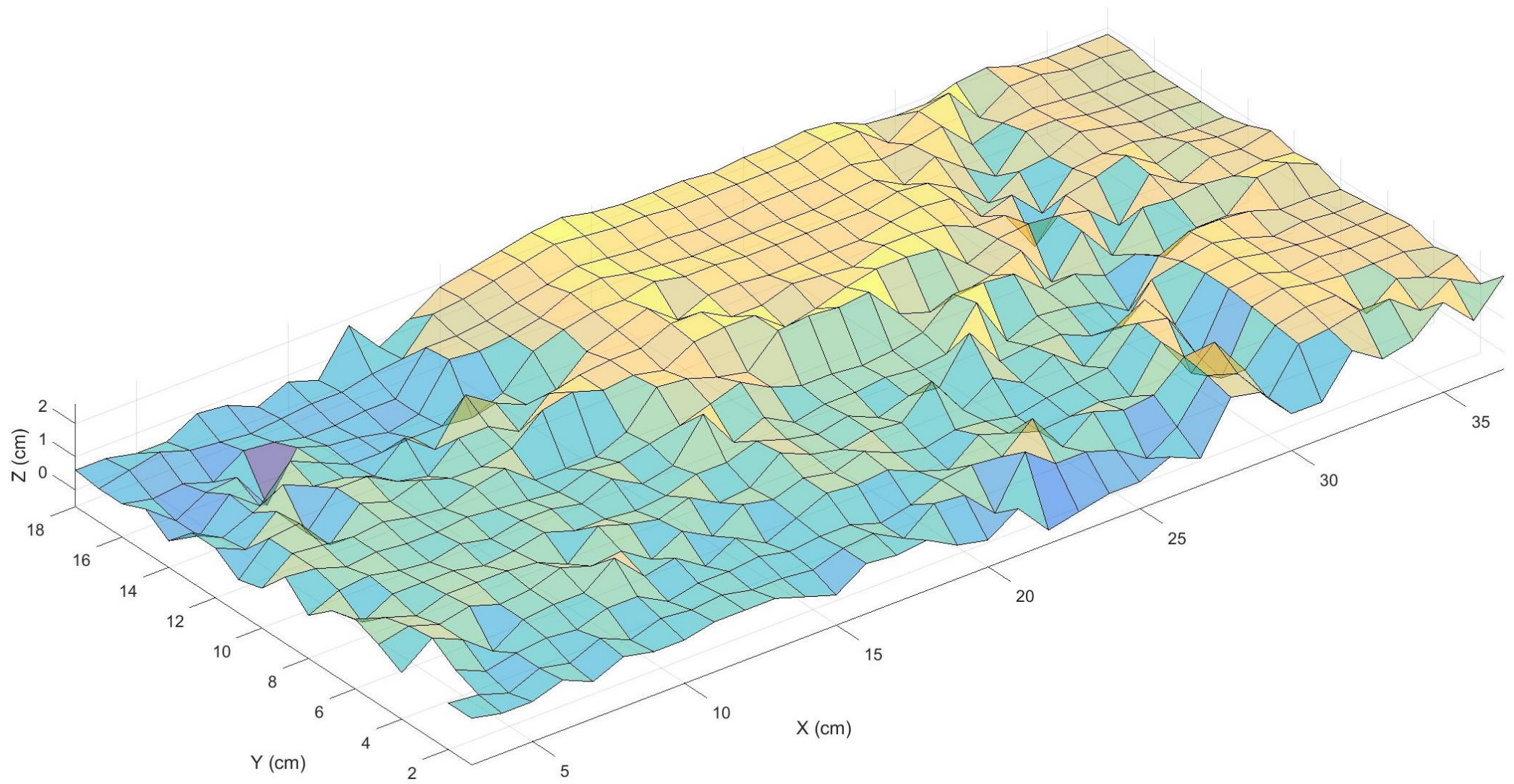
#### 5.8.3 Tercer escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 3$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 463mm$ .

#### 5.8.4 Quart escenari: Configuració dels paràmetres d'ajust

- Sensibilitat:  $S_b = 26$ .
- Distància de la plataforma d'elevació al sensor:  $l = 463mm$ .





*Figura 105 Primer escenari: Mostra: Pomes. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 652mm.*

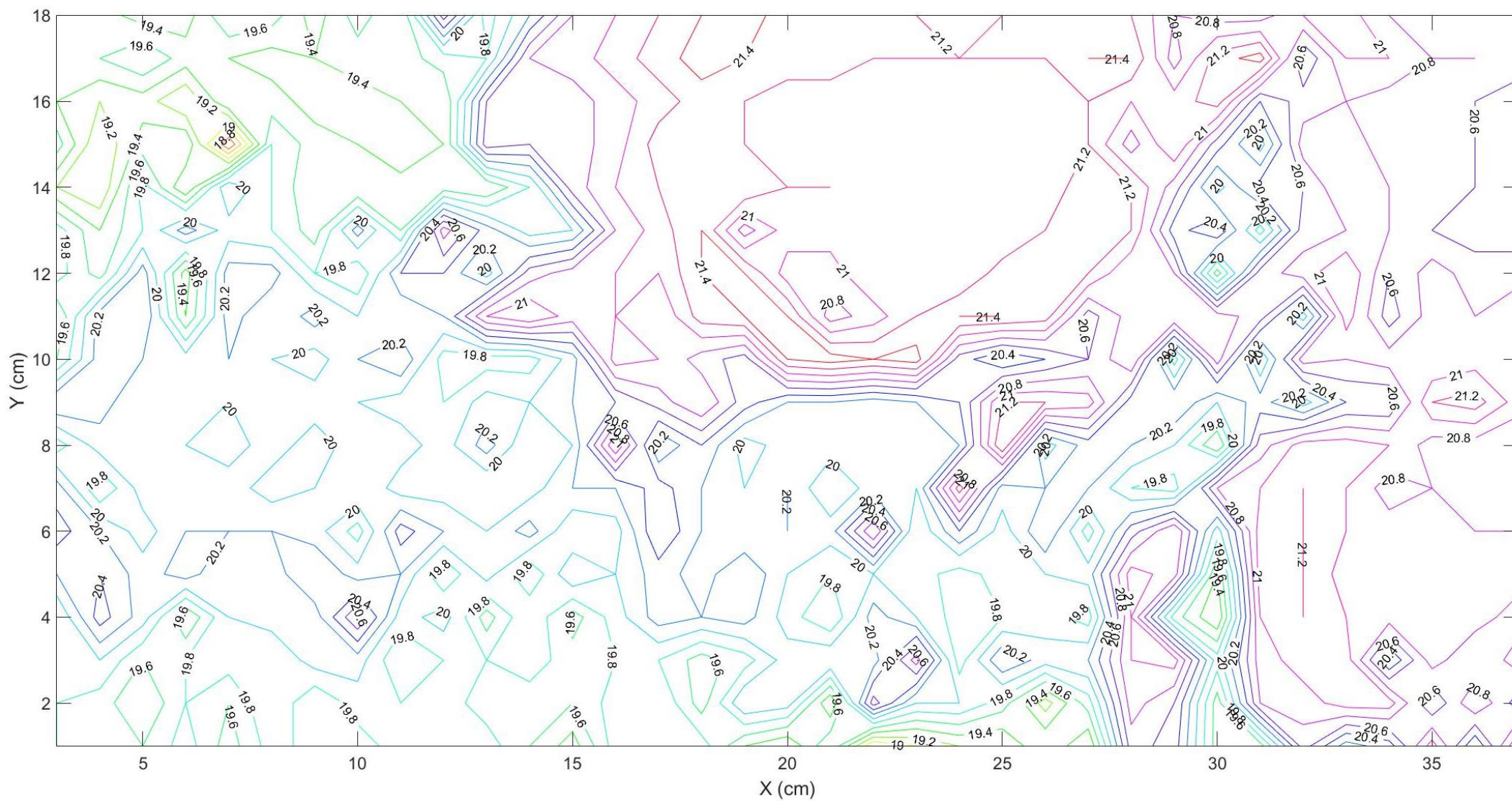


Figura 106 Primer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Pomes. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 652mm.



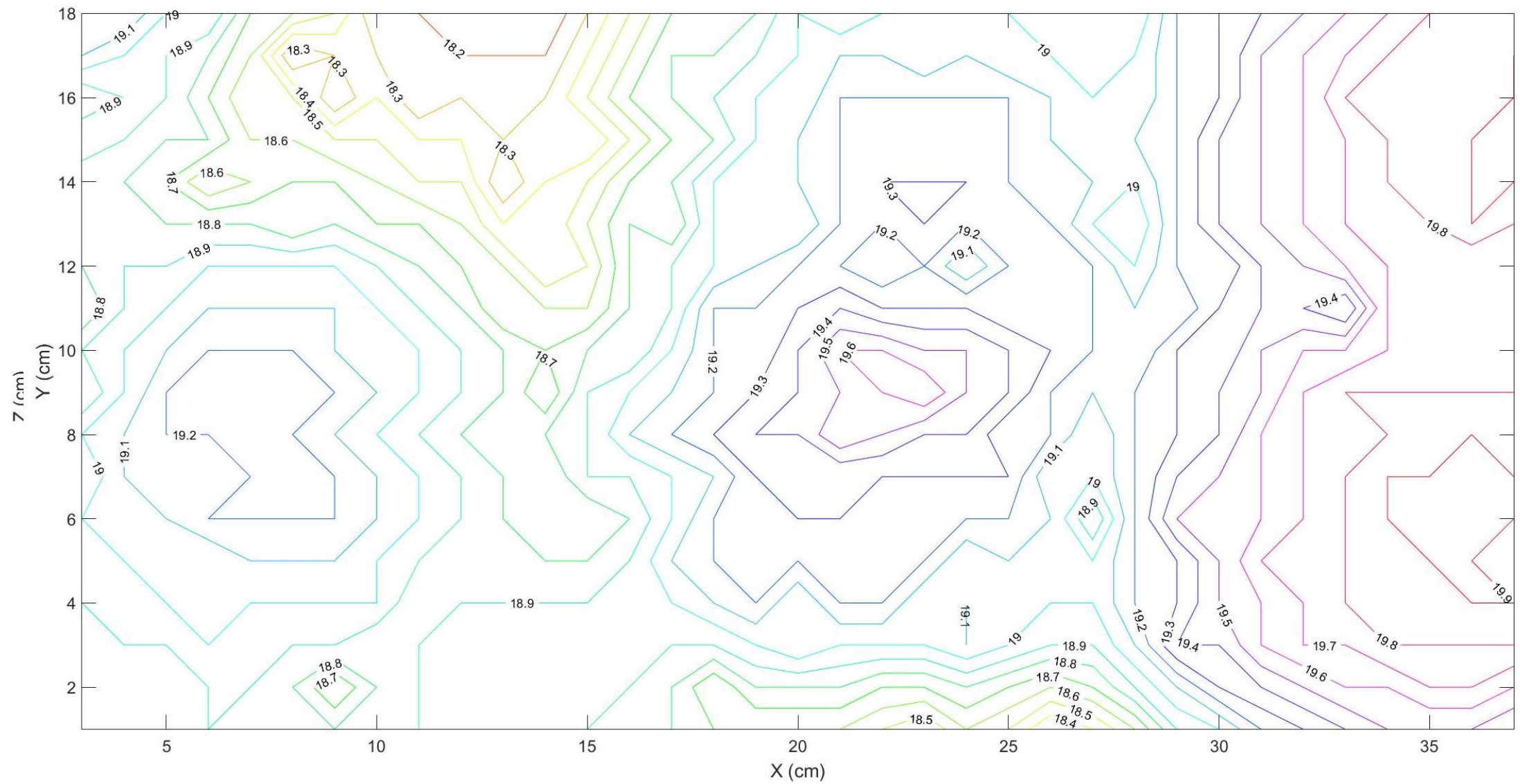
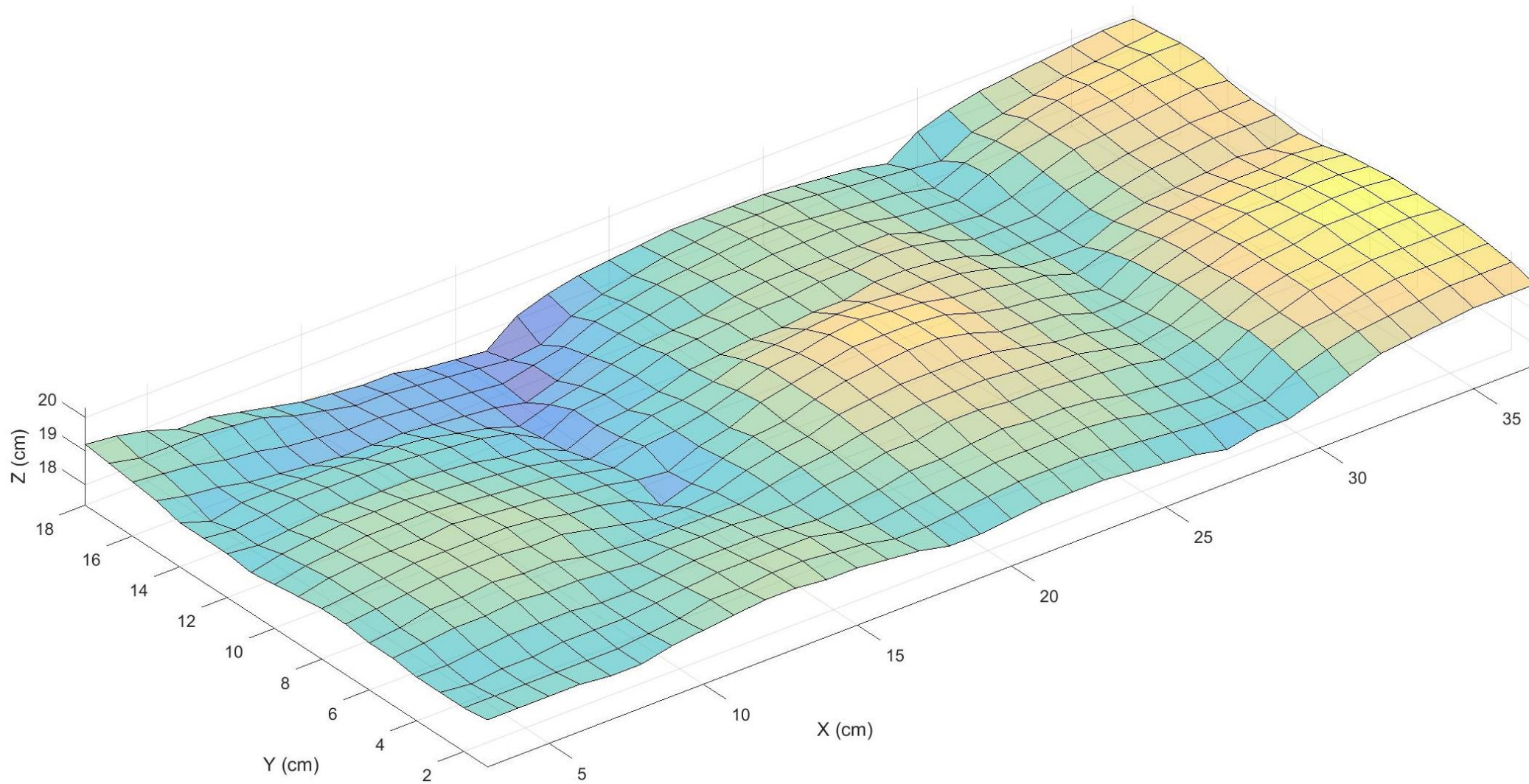


Figura 107 Segon escenari: Gràfica Contour. Mostra: Pomes. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 652mm.



*Figura 108 Tercer escenari: Mostra: Pomes. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 463mm.*



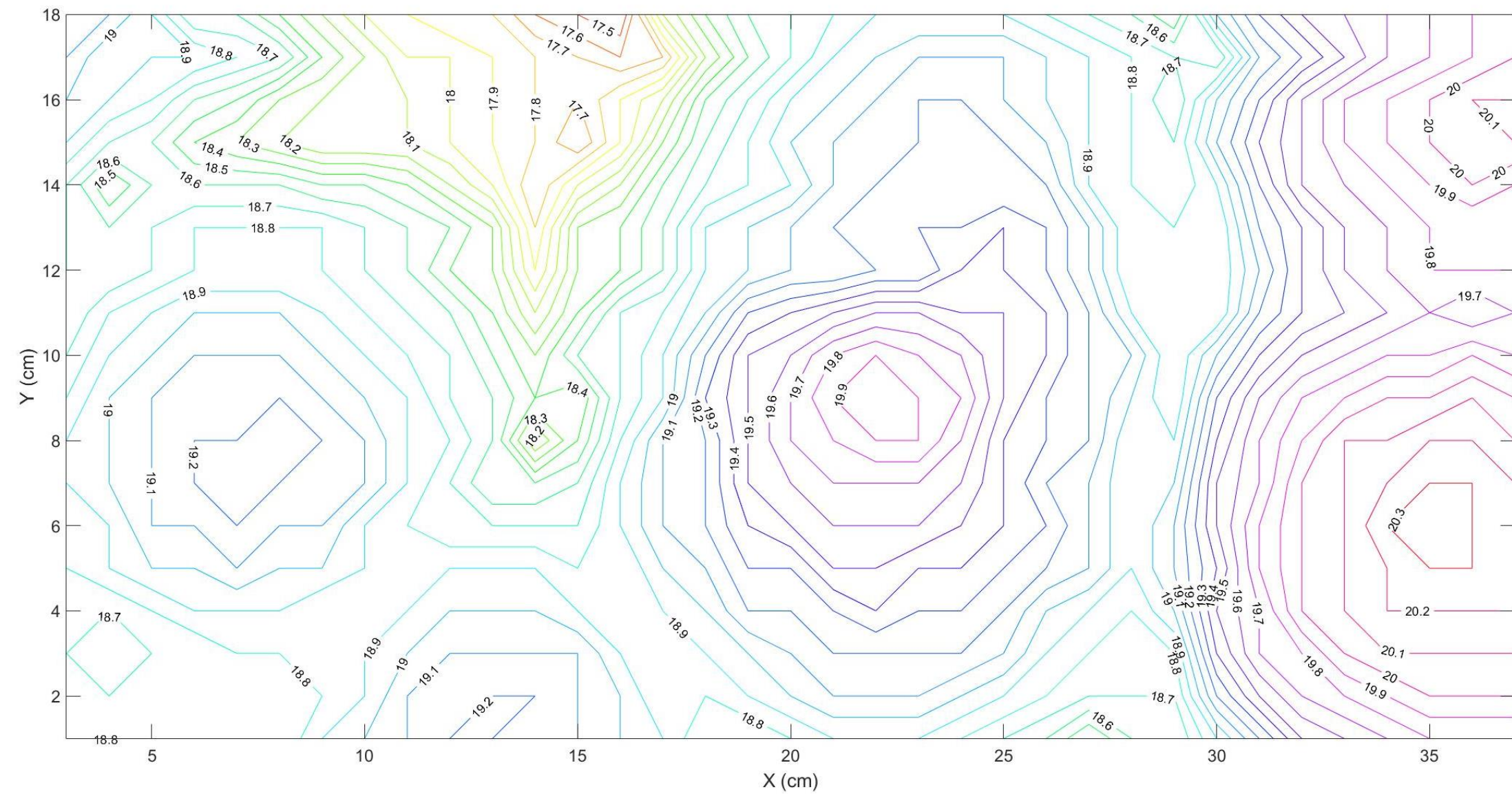


Figura 109 Tercer escenari: Gràfica Contour. Mostra: Pomes. Sensibilitat 3. Distància al sensor: 463mm.

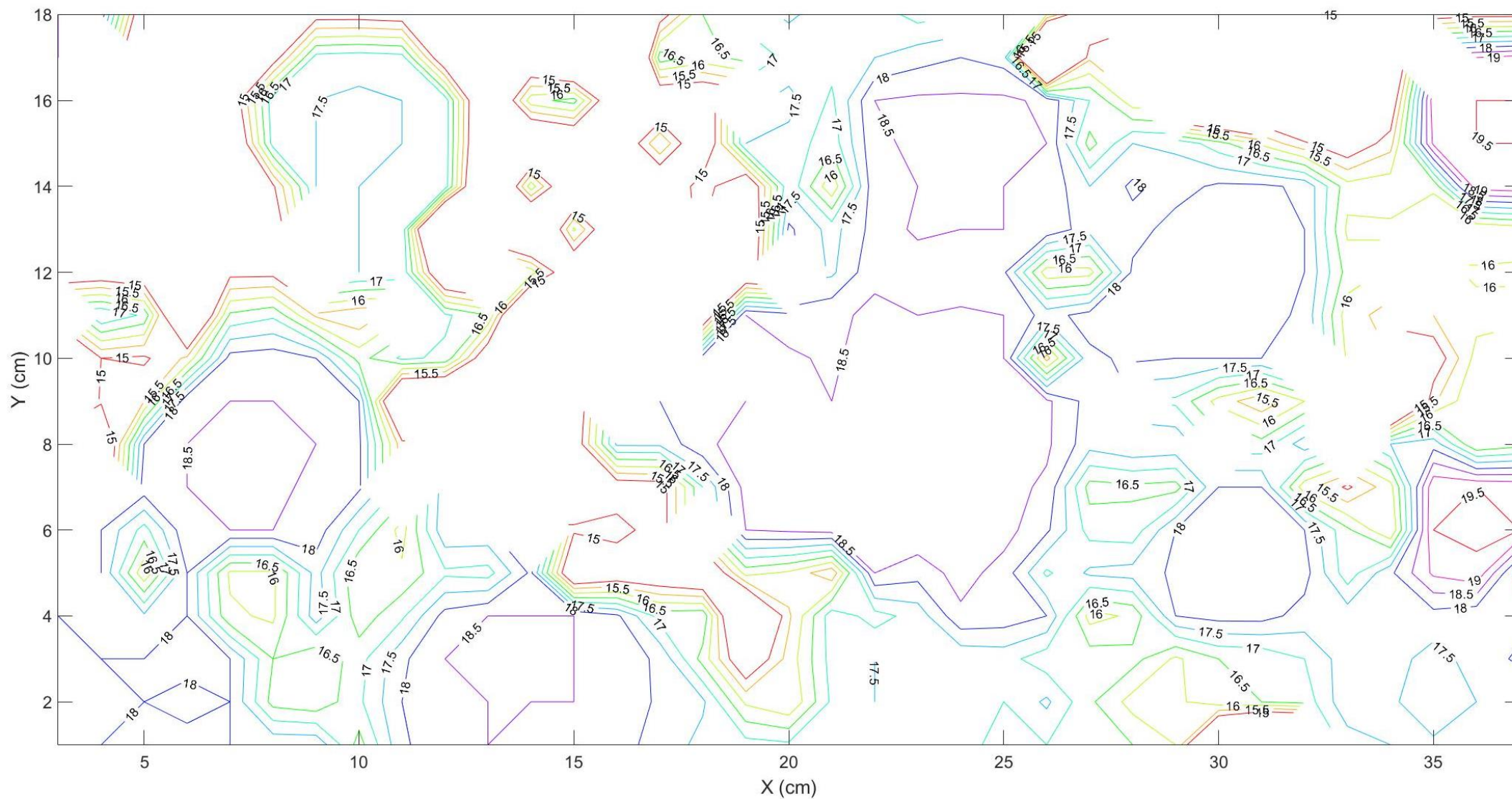


Figura 110 Quart escenari: Mostra: Pomes. Sensibilitat 26. Distància al sensor: 463mm.

Dels resultats obtingut, s'observa que en la sensibilitat 3 (figura 107,108,109 i 110) en ambdues situacions, a poca o a molta distància del sensor, el resultat és molt similar, la malla dona els mateixos alt-i-baixos i no s'aprecia gaire variació entre elles. Al igual que amb les mostres esfèriques anteriors, no es presenta cap error del senyal amb l'objecte. No es pot apreciar individualment cada peça de fruita, però els resultats obtinguts són favorables, ja que permeten fer un estudi global de la mostra.

En el cas de la sensibilitat 26 (Figura 105,106,111 i 112), cal destacar que hi ha una setmana i mitja de diferència entre la presa de mesures, fet que provoca un petit desnivell o ser merament causa dels paràmetres del sensor. Degut a que el feix de so té una incidència més precisa, les pomes actuen com a peces individuals, és a dir, hi ha zones on el senyal es veu afectat per la mostra ja sigui que no retorna el valor i dona error o que el temps de resposta sigui superior i retorni un valor incorrecte. Aquests fets esmentats donarien sentit als pics que tenen les gràfiques (figura 105,111) i als forats del quart escenari (Figura 111 i 112).

Com a valoració, tot i la millor precisió de la sensibilitat 26, l'informació de la sensibilitat 3 és més útil, ja que és més estable.

## 6 Conclusions

Els sensors d'ultrasons són molt útils en molts àmbits de la enginyeria, la seva considerable versatilitat presenta avantatges que el fan la millor elecció, sobretot en entorns molt desfavorables, on sensors com el làser o altres tipus de sensors no donarien bons resultats.

En base als resultats obtinguts al llarg de les proves, es pot concloure que, un sensor d'ultrasons, no es capaç de detectar amb alta precisió la forma de les figures. Si bé és cert que hi ha figures que, tot i no ser del tot exactes, s'aproximen a la forma original, com és el cas del vas i el cilindre.

En la resta de casos, la forma es veu considerablement distorsionada o les mesures no són vàlides degut a les incongruències ocasionades per la mostra, com seria el cas dels elements esfèrics o dels prismes piramidals.

En el cas de la fruita, considerant una malla sobre la caixa de pomes, els resultats no disten gaire de la mostra, no es pot apreciar la forma de cada element esfèric, però en canvi el fet de que la lectura no presenti grans salts fa que la tècnica pregui interès quan es pretén mesurar només una distància mitjana.

Si es vol estudiar la diferència d'altura mitjana, el sensor d'ultrasons és una bona opció. Ara bé, si es vol identificar amb precisió la forma, no és una opció aconsellable.

## 7 Bibliografia

1. <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>
2. <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/ultrasonic-sensors-how-they-work-and-how-to-use-them-with-arduino>
3. <http://www.elempaque.com/temas/Sensores-ultrasonicos-de-facil-uso+4050457?pagina=2>



4. <http://vt.baumer.com/in-eng/services/user-knowledge/ultrasonic-sensors/sensor-types/>
5. <https://es.slideshare.net/boca2212/sensores-ultrasonidos>
6. <https://www.pepperl-fuchs.com/spain/es/25518.htm>
7. <https://www.pepperl-fuchs.com/spain/es/27328.htm>
8. <https://www.generationrobots.com/blog/en/ultrasound-sensor-high-quality-ultrasound-sensors-available-now/>
9. <https://www.prometec.net/motor-28byj-48/>
10. <https://previa.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>
11. <https://mulco1.gwj.de/index.php?id=67&L=6>
12. <http://icuenca.com/cambio-de-correa-y-nuevo-tensor-del-eje-x-para-la-impresora-3d-anet-a8/>
13. [https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/doct/tdoct0736\\_eng.pdf?v=20041111124217](https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/doct/tdoct0736_eng.pdf?v=20041111124217)
14. <https://www.contitech.de/en-gl/Solutions/Power-Transmission/Mechanical-engineering/Drive-Belts/Timing-belts/Products/Product-range/CONTI-SYNCHROFLEX>
15. <https://mulco1.gwj.de/index.php?id=301&L=6&tab=1>
16. <https://www.contitech.de/getmedia/c49294e0-e4d9-4c02-86c8-a5bf2a9649c7/PTG6220-DeEn-CONTI-SYNCHROFLEX.pdf>
17. <https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-470274535-polea-gt2-de-20-dientes-di-5mm-para-cnc-e-impresoras-3d- JM>
18. [https://medias.schaeffler.com/medias/es!hp.tg.cat/tg\\_wf\\*ST4\\_307654667](https://medias.schaeffler.com/medias/es!hp.tg.cat/tg_wf*ST4_307654667)
19. (corretja-Politja) [https://www.amazon.es/Electrely-Sincronizaci%C3%B3n-L-Shaped-Hexagonal-Impresora/dp/B07GGQV8PZ/ref=pd\\_sbs\\_328\\_5/258-5243774-3452729?\\_encoding=UTF8&pd\\_rd\\_i=B07GGQV8PZ&pd\\_rd\\_r=0c65bd02-74d9-11e9-88f3-f3935500fb14&pd\\_rd\\_w=FMfmG&pd\\_rd\\_wg=RXX4I&pf\\_rd\\_p=015a6fb5-f315-](https://www.amazon.es/Electrely-Sincronizaci%C3%B3n-L-Shaped-Hexagonal-Impresora/dp/B07GGQV8PZ/ref=pd_sbs_328_5/258-5243774-3452729?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B07GGQV8PZ&pd_rd_r=0c65bd02-74d9-11e9-88f3-f3935500fb14&pd_rd_w=FMfmG&pd_rd_wg=RXX4I&pf_rd_p=015a6fb5-f315-)



[4cbc-9908-](#)

[0dbd43620b7b&pf\\_rd\\_r=31K1V8JQM26Z6EC29GXT&psc=1&refRID=31K1V8JQM26Z6](#)

[EC29GXT](#)

20. (Motor) [https://www.amazon.es/Aibecy-Stepping-Impresora-reemplazo-accesorios/dp/B06XWWTGDN/ref=sr\\_1\\_5?\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=1Y741T0L4CFB2&keywords=motor+impresora+3d&qid=1557957685&s=gateway&srefix=motor+impres%2Caps%2C269&sr=8-5](https://www.amazon.es/Aibecy-Stepping-Impresora-reemplazo-accesorios/dp/B06XWWTGDN/ref=sr_1_5?_mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=1Y741T0L4CFB2&keywords=motor+impresora+3d&qid=1557957685&s=gateway&srefix=motor+impres%2Caps%2C269&sr=8-5)
21. (Varilla d'acer) [https://es.aliexpress.com/item/2pcs-8mm-8x700-linear-shaft-3d-printer-8mm-x-700mm-Cylinder-Liner-Rail-Linear-Shaft-axis/32676602892.html?af=571851&aff\\_platform=aaf&cpt=1557955667595&afref=htps%253A%252F%252Fwww.helpfreely.org%252F&dp=0b9e738e5df141dbfd73697b7de27d64&cv=47843&pvid=121dad06-b703-4741-81e6-e6f0709a13a1&mall\\_affr=pr3&sk=VnYZvQVf&aff\\_trace\\_key=380515dd05334048a2caf6f2cd90bc1a-1557955667595-09568-VnYZvQVf&rmsg=replace\\_same\\_item&scm=1007.23534.123999.0&terminal\\_id=6e2621d109964f9590e78aa46e343ac8](https://es.aliexpress.com/item/2pcs-8mm-8x700-linear-shaft-3d-printer-8mm-x-700mm-Cylinder-Liner-Rail-Linear-Shaft-axis/32676602892.html?af=571851&aff_platform=aaf&cpt=1557955667595&afref=htps%253A%252F%252Fwww.helpfreely.org%252F&dp=0b9e738e5df141dbfd73697b7de27d64&cv=47843&pvid=121dad06-b703-4741-81e6-e6f0709a13a1&mall_affr=pr3&sk=VnYZvQVf&aff_trace_key=380515dd05334048a2caf6f2cd90bc1a-1557955667595-09568-VnYZvQVf&rmsg=replace_same_item&scm=1007.23534.123999.0&terminal_id=6e2621d109964f9590e78aa46e343ac8)
22. (Rodaments Lineals) [https://www.amazon.es/UEETEK-Piezas-rodamiento-impresora-8x15x24mm/dp/B06XGQSTTX/ref=sr\\_1\\_1?\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=2XO4OZ7E2VZ2D&keywords=rodamientos+lineales+8mm&qid=1557956749&s=gateway&srefix=rodamientos+linea%2Caps%2C154&sr=8-1](https://www.amazon.es/UEETEK-Piezas-rodamiento-impresora-8x15x24mm/dp/B06XGQSTTX/ref=sr_1_1?_mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=2XO4OZ7E2VZ2D&keywords=rodamientos+lineales+8mm&qid=1557956749&s=gateway&srefix=rodamientos+linea%2Caps%2C154&sr=8-1)

# ANNEX 1

## Plànols



# ANNEX 2

## Programes de tractament de dades



Inicialment les dades son anotades en un full d'Excel, per tractar les dades s'ha creat un programa en Matlab que genera les diferents gràfiques de l'estudi.

```
sheet=22; → Detecta el full d'Excel d'on s'extraurà les dades.
xlRange = 'E8:T8';
xlRange2 = 'D9:D24';
xlRange3 = 'E9:T24'; } Posició de la informació en el full d'Excel.

X=xlsread(D,sheet,xlRange);
Y=xlsread(D,sheet,xlRange2);
Z=xlsread(D,sheet,xlRange3); } Definició de les variables que
                                compondran dels eixos de les
                                gràfiques

Z=-Z+610; } Tractament de les lectures del suport, el sensor
Z=Z/10;    } dona el resultat en mm i els eixos estan en cm.
```

### Grafica 3D

B = fliplr(X) → Només es necessari en cas de voler girar la gràfica en l'eix X.

```
surf(B,Y,Z,'FaceAlpha',0.5)
axis equal
xlabel({'X (cm)'})
ylabel({'Y (cm)'})
zlabel({'Z (cm)'}) } Funció per generar la gràfica 3D
                    i complementar-la amb informació
                    rellevant.
```

### Grafica Contour

```
v=[-10:1:2,2:1:20];
[C,h]=contour(X,Y,Z,v);
clabel(C,h,'FontSize',20,'LabelSpacing',10000)
colormap hsv } Funció per generar
                la gràfica Contour
```

### Funció per generar el perfil de la mostra

```
y1=Y(1);
y2=Y(length(Y));
[i,j]=recta(y1,y2);
hold on
plot(i,j) } S'ha creat una funció pels diferents
            perfils de cada mostra. S'ha de cridar
            la funció necessària per cada mostra.
            Ressaltat en groc: funció variable
            segons tipus de mostra
```

#### Recta:

```
function [i,j]=recta(y1,y2)
x=20.25;
i= [x ,x];
j = [y1, y2];
```

#### Prisma Rectangular:

```
function [i,j]=Quadrat()
x1=17.25;
x2=21.25;
y1=6;
y2=8.5;
i= [x1, x2, x2, x1, x1];
j = [y1, y1, y2, y2, y1];
```

### **Piràmides**

```
function [i,j]=Piramide()  
x1=15.55;  
x2=22.35;  
x3=(x2-x1)/2+x1  
  
y1=3.9;  
y2=10.7;  
y3=(y2-y1)/2+y1  
  
i=[x1, x2, x2, x1, x1, x1, x3, x3, x1, x1, x1, x1, x3, x3, x2];  
j=[y1, y1, y2, y2, y1, y3, y3, y2, y2, y3, y3, y1, y1, y3, y3];
```

### **Elements Cilíndrics**

```
function [i,j]=Cercle(D)  
Cx=7.3;  
Cy=18.95;  
xlRangey = 'E13';  
xlRangex = 'D13';  
E='dadessensor2 (Recuperado).xlsx';  
sheet=33;  
r=D/2;  
n=50;  
tita=0:pi()/n:2*pi();  
i=r*sin(tita);  
j=r*cos(tita);  
i=i+Cy;  
j=j+Cx;
```